PERIODICAL Japanese Soc. Sci. Fish. Bulletin
(9)
LIBRARY
JAN 18 1960
FISH & WILDLIFE SERVICE
22(9)

日本水産学会誌 第二十二巻 第九号 昭和三十二年一月二十五日発行
昭和二十四年四月二十日 第三種郵便物認可（毎月一回二十五日発行）
昭和二十八年八月三十一日 日本国有鉄道特別扱雑誌番号 第二六三四号
通巻（第二十二巻第八号）

日本水産学会誌

第二十二巻 第九号

Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries

Vol. 22, No. 9, 1957

目　　次

北太平洋水域におけるサケ・マス魚群と水塊の分布・流動状況—Ⅰ.
　水塊の分布と流動状況……田口喜三郎……511
北太平洋水域におけるサケ・マス魚群と水塊の分布・流動状況—Ⅱ.
　魚群の分布と洄游……田口喜三郎……515
日本近海産ウシノシタ魚類の分布—Ⅰ.……落合　明……522
日本近海産ウシノシタ魚類の分布—Ⅱ.……落合　明……526
日本近海産ウシノシタ魚類の分布—Ⅲ.……落合　明……531
魚類の視覚に関する研究，特に分解力と遠近調節について（英文）……田村　保……536
フノリの粘質物の研究—Ⅰ. フノリの無機成分について……三田　喜代……556
水産動物筋肉蛋白の溶出性について……右田　正男・松本重一郎……558
水産動物筋肉中の有機燐酸化合物に関する研究—Ⅲ. コイ筋肉中の adenosine
　polyphosphate に及ぼす貯蔵温度の影響……斎藤　恒行・新井　健一……569
カツオ幽門垂のビタミンB群に関する研究—Ⅰ. チアミン，ニコチン酸，葉酸，
　ビオチン及びパントテン酸……柿本　大壱・金沢　昭夫……574
カツオ幽門垂のビタミンB群に関する研究—Ⅱ. パラアミノ安息香酸（PABA）
　及びリボフラビン……柿本　大壱……577
ねり製品の足に対する澱粉の補強効果—Ⅰ.
　澱粉の糊化と足の補強……岡田　稔・山崎　惇子……583
魚油の変敗に関するポーラログラフ的研究—Ⅰ.……菊池　武昭・岡田郁之助……589
雑　　録……592

昭和三十二年
日本水産学会
The Japanese Society of Scientific Fisheries
TOKYO

CONTENTS

*The seasonal variation of the good fishing area of salmon and the movements of water masses in the waters of Western North Pacific—Ⅰ. Distribution and movement of water masses ..... Kisaburo TAGUCHI 511

*The seasonal variation of the good fishing area of salmon and the movements of the water masses in the waters of Western North Pacific—Ⅱ. The distribution and migration of salmon population in offshore waters ..... Kisaburo TAGUCHI 515

*Zoogeographical studies on the soleoid fishes found in Japan and its neighbouring regions—Ⅰ. ..... Akira OCHIAI 522

*Zoogeographical studies on the soleoid fishes found in Japan and its neighbouring regions—Ⅱ. ..... Akira OCHIAI 526

*Zoogeographical studies on the soleoid fishes found in Japan and its neighbouring regions—Ⅲ. ..... Akira OCHIAI 531

A study of visual perception in fish, especially on resolving power and accommodation ..... Tamotsu TAMURA 536

*A study on the mucilage of *Gloiopeltis furcata*—Ⅰ. On the inorganic components ..... Kiyo MITA 556

*On the extractability of muscle proteins of marine animals ..... Masao MIGITA and Juichiro J. MATSUMOTO 558

*Studies on the organic phosphates in muscle of aquatic animals—Ⅲ. Effects of storing temperature upon the adenosine polyphosphate content of carp muscle ..... Tsuneyuki SAITO and Kenichi ARAI 569

*Studies on B-vitamins in pyloric coeca of skipjack—Ⅰ. Thiamine, nicotinic acid, folic acid, biotin and pantothenic acid ..... Daiichi KAKIMOTO and Akio KANAZAWA 574

*Studies on B-vitamins in pyloric coeca of skipjack—Ⅱ. *p*-Amino benzoic acid (PABA) and riboflavin ..... Daiichi KAKIMOTO 577

*Enhancing effect of starch on jelly strength of fish meat jelly—Ⅰ. Enhancing effect and gelatinization of starch ..... Minoru OKADA and Atsuko YAMAZAKI 583

*Polalographic studies on the rancid fish-oil—Ⅰ. ..... Takeaki KIKUCHI and Ikunosuke OKADA 592

* In Japanese with synopsis in English.

All communications and publications should be addressed to :
Japanese Society of Scientific Fisheries, c/o Tokaiku Suisan Kenkyujo Tsukishima, Kyobashi, Tokyo, Japan.

日本水産学会投稿規定

1. 報文の投稿者は本会員個人に限る。但し会員外の共同研究者を含むことは差支えない。
2. 報文は投稿者の原著で他の刊行物に未発表のものに限る。
3. 報文は総て本会に送付し，本会に到着した日を以つて，受付月日とし，受付けた原稿は総て編集長の指定する2名の編集理事が回覧し，掲載可と認めたものはそのまゝ受理する。この場合の受理月日は受付月日とする。編集理事が其のまゝ掲載することに疑義をいだいた場合は編集長にその旨報告する。この場合編集長は編集会議を招集，審議し，受理し得ないと認めた場合はその理由を附し，原著者に返却し，訂正を求める。この場合の受理月日は，学会が訂正原稿を受理した月日とする。受理した論文は，その受理月日の順に掲載する。但し，その報文又は報文抄録が印刷費著者負担の場合は，会誌を増頁して掲載する。抄録を希望する場合は本論文をそえて提出すること。

4. 原稿1篇の長さは原則として刷上り4頁（表題，200語の英文抄録を除き，図表の占める紙面を含め約7000字相当）とする。原稿一篇の学会負担の基準印刷費（4頁計7,200円）を超過した場合は著者が負担する。

5. 会員が会費又は著者として負担すべき印刷費の支払いを怠るときは，支払いのあるまでその会員の報文の受理又は掲載を見合せることがある。
6. 邦文報告には原則として200語以内の英文抄録（題名と著者名とを附記，名前は省略せぬこと，）を添える。
7. 図表には英文の説明をつける。邦文を併用してもよい。
8. 投稿の細目については別に定める注意書きに従う。

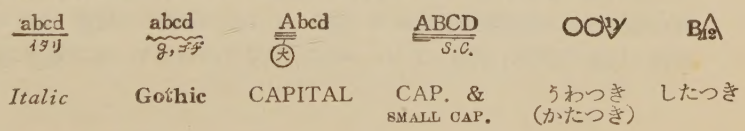
投稿に関する注意

1. 原稿を投稿するときには，本会所定の投稿カード（請求により配付する）に必要事項を記入し，之を原稿に添え本会に提出する。
2. 初校は原則として，著者が校正する（校正は迅速に行う事）。尚文章又は図，表の変更や追加は禁ずる。再校以後は編集部で校正する。
3. 英文抄録，図及び表の表題，説明等の英訳を希望される向はその原案を添えて投稿されたい。但し実費を申し受ける。
4. 別刷りの料金（X円）は次の式によつて算出される通りとする。X＝(1＋P)（N—50）円 P：頁数，N：別刷数（50部を単位とする）従つて50部までは頁数に関らず無料である。特に表紙をつけることを希望される場合は，著者負担によつてこれをつける。（50部当り300円）
5. 投稿後掲載までの間に著者の連絡先が変つたときには必ず通知されたい。

原稿の書き方

原稿は会誌体裁の統一，誤りの防止，編集印刷の便宜上次の諸規定を守られたい。既出報文との調和其の他のために例外を望まれる著者はその都度明記されたい。

1. **邦文原稿**は本会所定の原稿用紙にペンで横書きにし，記述は簡単明瞭にし新かなづかいを用いて難かしい漢字はさける。英文抄録は本文とは別葉にする。
2. **欧文原稿**は厚手の上質紙に2段送りのタイプで打つ。欧文本文以外の欧文個所はペン書きでもよいが必ず活字体を用いる。
3. **字体の指定**は右の如く赤で入れる。



4. **表題**　主題・副題は別行に書き各々ピリオド（.）をつけない。第○報の場合はローマ数字（Ⅰ，Ⅱ）にして（——）でつなぎ数字の後に（.）をつける。
英文表題では第一語の他，名詞，副詞，形容詞〔動詞は慣用に従う〕の頭文字は大文字にする。

5. **著者名**　邦文では連名の時は（・）で連ねる。ローマ字では名の頭を Capital 後は Small，姓の頭を Capital 後は Small Capital にする。連名の時は（,）で連ね最後の名の前を（and）で連ねる。（&）は用いない。末尾に（.）はつけない。

6. **所属**　著者名の下に（　）で囲む。本文が邦文の時は英文の所属は入れない。但し著者が希望すれば脚註で入れてもよい。本文が英文の時は字体を *Itaric* にする。

7. **図表**　表題，説明，内容とも英文で書く。必要ならば邦文併用もよい。番号は（Fig　1. Table 1.）とする。番号，表題，説明は図ではその下に，表ではその上に入れる。表の細かい説明は下でもよい。邦文併用の時は邦文の番号（第1図，第1表）は省く。図表は必ず本文と別葉にし，本文中に挿入個所を赤で指定する。又本文中に引用する時は（Fig. 1, Table 1）を用いる。

8. **附図**　附図は1頁大の図版で（Plate）とし，なるべく篇末に入れる。原図が写真であつても本文中に組込む時は Fig. にする。附図の番号はローマ数字（Ⅰ，Ⅱ）を用いる。

9. **生物名**　邦文ではカタカナの和名の次に，学名を *Itaric*（命名者名は Roman で頭文字を Capital，後を Small Cap.）で入れ，英文では俗名の次に学名を邦文と同様に入れる。〔その間は（,）で切る〕これを原則とするが論文により必要がなければ一部又は全部の学名，俗名を略してもよい。学名は（　）で囲まない事。

10. **化学名**　邦文中の外来語の化学名は一般的なものはカタカナを用い，英字を用いねばならない時は Small で入れる。

11. **人名**　まぎれない時は姓のみを記し名と敬称とを省いてもよい。欧名でも姓のみで頭文字は後は Capital，後は Small capital で書く。

12. **単位及び記号**　単位を表わす文字は英文中では（C., cc., m*l*., kg., m.）の如く（.）をつける。但し（Ω, μ, γ, N, M, pH, 及び方位の N, S, E, W）には（.）をつけない。邦文中ではこれらの（.）はすべて省く。量を代表する記号は（長さ *l*，高さ *h*）の如く *Itaric* にする。

13. **邦文本文中の外国語**（横文字の場合）は人名，地名，ドイツ語の名詞等を除き Small で入れる。同一邦文中で同一物名の和洋語の混用はさける。

14. **文献**　本文中の関連個所にうわつきで一貫番号をつけ一括して末尾に集める。番号はアラビア数字（1, 2, 3）を用い片カッコ（1），パーレン）で囲み各行の末尾にピリオド（.）をつける。著者名は姓と名とを書き著者名の後はコロン（：）で切る。雑誌名の略し方は慣用法に従う。日本水産学会誌のことは本誌とする。英文雑誌名は *Itaric* で書く。雑誌の巻番号は **Gothic** にする。西歴年号は必ず入れる。文献の見出しは（文献，References）とする。同一著者名，同一雑誌名を連記する時は（——）で略してもよい。

文献の書き方について著者の都合で上の指定によらない時は特にその事を付記しておく事。

15. **脚注**　脚註は数字でない記号（*, **）を用い関係頁の下段に入れ巻末に集めない。

北太平洋水域におけるサケ，マス魚群と水塊の分布・流動状況—I. 水塊の分布と流動状況

田口喜三郎
(日魯漁業)

The Seasonal Variation of the Good Fishing Area of Salmon and the Movements of Water Masses in the Waters of Western North Pacific—— I. Distribution and Movement of watar Masses

Kisaburo TAGUCHI

During the 1955 fishing season, in order to determine the movement of good fishing areas of salmon migrating to the waters of western north Pacific, exploratory fishing and simple oceanographic observations including water temperature (0. 10. 25 and 50 meters), water color, and transparency, were carried out every days by 14 research vessels of Nichiro Fisheries Co., Ltd.

Although this result was in general agreement with the findings of previous reperts [2) 3) 4) 5) 6)] it provided the necessity of some revision as follows.

1. The branch current of Kuroshio which appears off the Gulf of Kamchatka extending through the south offing of Komandorskii Is. during end of May to early June, comes out in the region Lat. 48°N, Long. 172°-174°E in early May, and moves northwestward as shown by the movement of 4°C (O m.) isothermal line in Fig. 1, A-D

2. The cold water mass which grows along the coast of Kamchatka, flows south or southeastward on the southern part from Cape Shipunskii, as can be seen with the tongue of 3°c (50 m.) isothermal line in Fig. 1, C-D. And the eastern head of this tongue is projected as far as Long, 170°E., Lat. 48°N., in middle of May, but it is compressed to the coast of Kamchatka as the branch current of Kuroshio progresses.

3. As a results of previous studies, we have had an idea that the branch current of Kuroshio in the southern offing of the Aleutian Islands has two directions : one is northwestward and another is westward. The study this year showed, however, that the northwestward-flowing branch current of Kuroshio has a wide spread, and comes gradually into the fishing ground from eastward to westward. We have taken this phenomenon as showing the existence of the westward current. Fig. 2 gives the concept of distributions and movements of these water masses.

前　言

サケ・マスの回游は水塊の分布と流動とに密接な関係があることが明らかなため[1)]，戦後の母船式サケ・マス漁場においても，水塊の分布とその流動を明らかにすることが，操業上必要となつている。

北太平洋水域の水塊の分布並びに流動状況については，1941 年農林省水産試験場の報告[2)]があり，また最近では渡辺のアリユーシヤン近海の海況報告[3)]及び米作に対する冷害予知を海況に求めんとする宇田の報告[4)]がある。

しかしこれらは水塊分布の荒筋を示すもので，サケ・マス・漁況との関連においては不充分であつた。このため母船式サケ・マス漁業にあつては，漁況との関連において，1952 年以来毎年調査船による簡単な海洋観測と試験操業が，漁場内の広範な水域において行われてきた。これについては田口 (1952)[5)] 田口・広瀬

1956 年 8 月 16 日受理

(1954)[6] 及び田口 (1955)[7] の報告があるが，1954 年迄は 5 月中の観測点がアリューシヤン列島南方水域に偏していたため，初期の北太平洋水域の海況は，6 月の海況から推定したにすぎなかつた。

1955 年においては 5 月中に 163°E 以東の北太平洋水域が観測されたため，5 月下旬にコンマルドルスキー島南沖を通り，カムチヤツカ湾方面に張り出す暖流系水の動きと，カムチヤツカ半島方面より沖合に広がる寒流系との関係が大略明らかにされ，この点において今迄の推定が改正されることになつた。以下はこれを中心として北太平洋サケ・マス流網漁場の海況を述べたものである。

資　　料

資料は日魯漁業の母船 3 隻に所属した調査船 14 隻の毎日 1 回揚網時の観測結果であつて，観測項目は水塊 (0. 10. 25. 50 米) 水色・透明度である。検討方法は旬間の観測を同時観測とみなし，5 月中旬より 7 月下旬迄の毎旬の水温及び透明度の分布を調べて水塊の分布及び流動を判断した。毎旬のこれらの分布と流動は第 1 回及び第 2 回に示した。

考　　察

1954 年迄の観測結果から，漁場内の水塊の分布状況及び流動に関し次の推定を行つた。

1. アリューシヤン方面の 5 月の海況は，列島間の海峡から南に張り出す透明度 10 m. 以下の水塊があり，その南沖には透明度 15 m.—20 m. を示す黒潮分岐流があつて，両者が入組んで顕著な潮境を形成する。

2. 黒潮分岐流は西部アリューシヤン南沖から W と NW の 2 方向をもつて流動し，NW 方向の流れはコンマンドルスキー南沖を通り，カムチヤツカ湾方面に至る。W方向の流れは緩るく，カムチヤツカ半島南部・北千島方面に向う。

3. カムチヤツカ半島附近には寒流が発達し，シプンスキー岬附近から SE に張り出し，黒潮分岐流の W方向の動きを抑えているが，漸次後退する。

1955 年の観測結果を基づくこれら水塊の流動状況は，大体これと一致しており，アリューシヤン南沖における黒潮分岐流と，白令海から南に張り出す水塊との潮境いは，昨年同様に観察されたが (Fig. 1 A) コンマンドルスキー南沖を通り，カムチヤツカ湾方面に向う流れは，Fig. 1 A—D に 4°C の等温線 (0 m.) によつて示される様に，5 月中旬には 172°E—174°E おいて 48°N 線上に顔を出し，6 月上旬にはコンマンドルスキー南沖迄 NW に進み，6 月中旬にはクロノツキー湾・カムチヤツカ湾沖に到達している。

カムチヤツカ半島沿岸に発達する寒流系水は，Fig. 1 A に 3°C の等温線 (0 m.) が示す様に，170°E 48°N 辺迄南西に張り出しているが，黒潮分岐流の北西進に押され，Fig. 1 B 以下に示す様に，漸次カムチヤツカ半島寄りに圧縮される。この状況は 6 月中旬迄は 4°C の表面等温線により示されるが，6 月下旬からは表面水温による判別は困難となり，50 m. 層の等温線分布及び等透明線の分布がこれを示す様になる。

1954 年迄の観測からは，アリューシヤン方面には W方向の流れがあり，これの西進に従つてカムチヤツカ方面から SE に張り出す寒流系水がカムチツヤツカ寄りに圧縮されると推定したが，1955 年の観測からは，黒潮分岐流が西進するのではなく，NW方向の黒潮分岐流の力が漸次西方に及んで行くためであると推定された。この推定は Fig. 1 C に示す 5°C の等温線 (0 m.) が 165°E 附近から 48°N 線上に現われ，Fig. 1 D では同じくこの附近に 6°C が現われること，更に Fig. 1 F～H に示す 4°C, 5°C の 50 m 層等温線及び 20 m 等透明度線がカムチヤツカ半島南部の南東沖から北西進していること等から明らかにされる。尚この方面の等温線分布の旬別表化については，既に相川，岡本 (1941)[2] の報告があり，結果はこれと大なる相違はないが，相川，岡本の報告が少ない観測による推定であつたに対し，今回のは部分的であるが観測点が多いため，これを確認したこととなる。

相川，岡本 (1941)[2]，渡辺 (1952)[3]，宇田 (1955)[4] の諸報告及び 1952 年以来の観測から，北太平洋サケ・マス漁場の海況を形成する水塊移動の骨組を考えると，次の三要素があると推定される。

1. 45°N—48°N 辺の南方海域を東流する黒潮
2. この黒潮の北側にあつて N・NW 方向に流動する黒潮分岐流

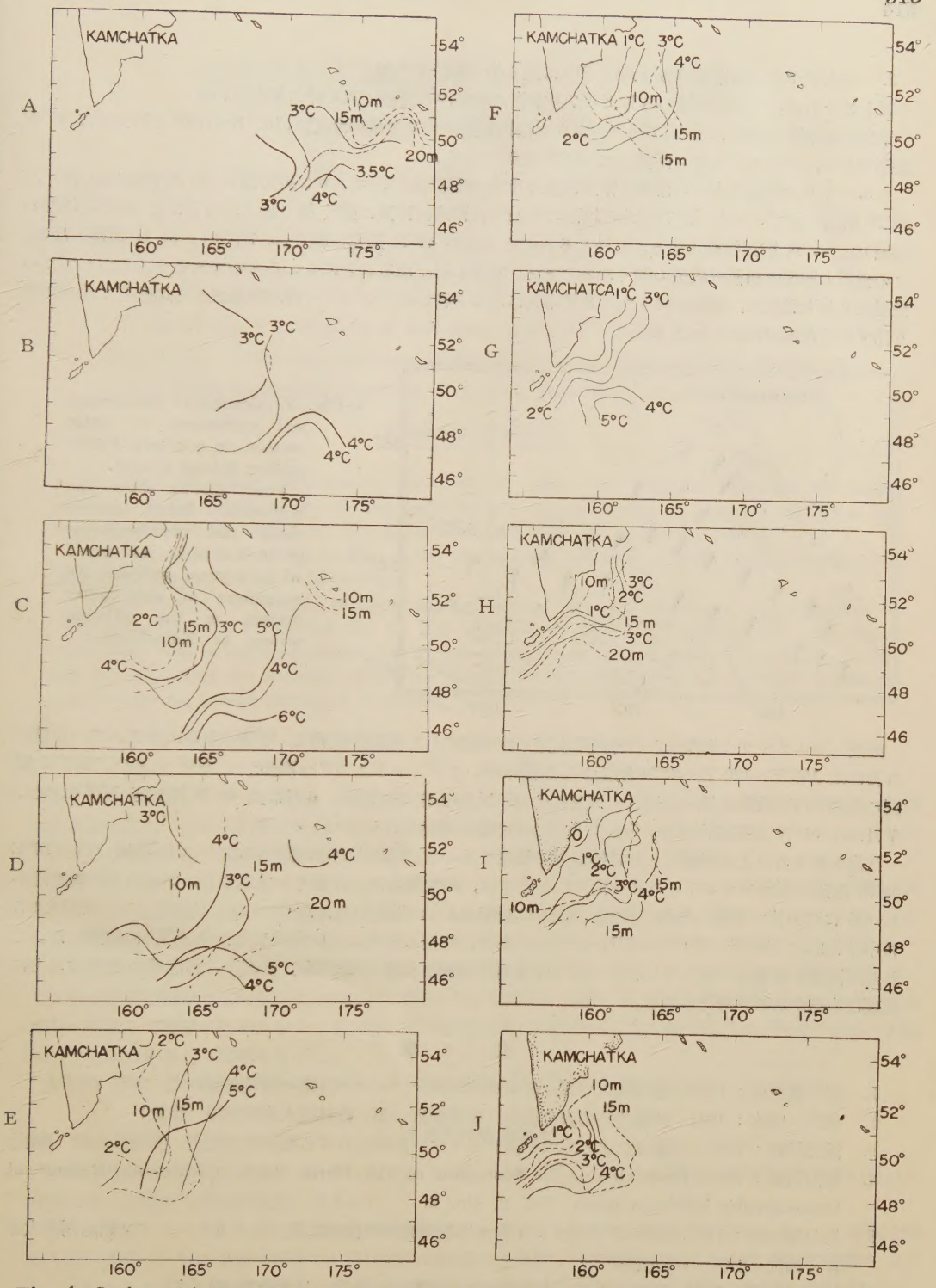


Fig. 1. Surface and 50 m. Iayer templrature and transparency, in the Jaters of northern Pacific, during middle of May to middle 0 of August. The broad lines and fine lines follow surface and 50 m. layer temperatures respectively, and dotted linesfollow equal ransparency.

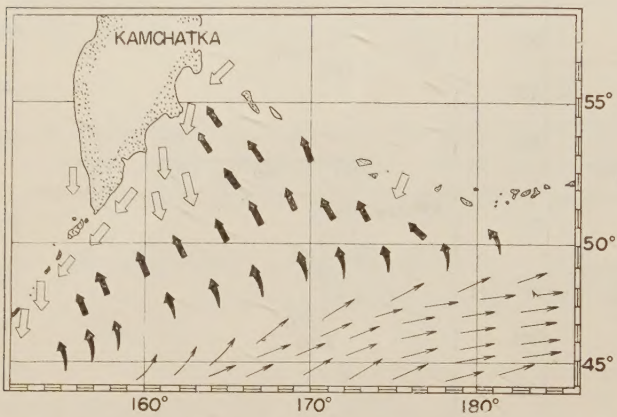
A	Middle	ten days	of	May	E	Last	ten day	of June	I	First	ten days of Aug.
B	Last	〃	〃		F	First	〃	〃 July	J	Middle	〃 〃
C	First	〃	of	June	G	Middle	〃	〃			
D	Middle	〃	〃		H	Last	〃	〃			

3. カムチヤツカ沿岸よりSまたは SE に張り出す寒流系水塊

以上3である。これら水塊の5月より7月末迄の漁期中の流動は次の様に推定される。

千島列島東沖を NE に進み，アリューシヤン南沖を東流する黒潮の北辺は，165°E～170E の附近では 46°N 辺迄であり，アリューシヤン南沖では 48°N 辺迄である。

カムチヤツカ半島沿岸から南或は南東に張り出す寒流系水は，コズロフ岬方面の 54°N 附近では弱く，53°N 附近のシプンスキー岬方面から以南の海域では南或は南東に強く張り出し，5月には 165°E 以西の水域では 47°N 附近迄進出する。しかし6月にはこれが 49°N 辺迄圧縮され，7月には 51°N 辺迄となる。この衰退の原因は黒潮分岐流の強くなることと，寒流の弱くなることにもよるものであろう。しかしてこの後退は8月上旬迄で，漁期の終了する8月中旬になると再びシプンスキー岬以南海域から増勢して沖合に張り出す様になる（Fig. 1 I～J 参照）。



←**Fig. 2.** Concept of distribution and movement of water masses, in northern Pacific salmon fishing ground.
Fine arrows show the Kuroshio, broad arrows show the countercurrent of the Kuroshio, and broad white arrows indicate the movement of cold water masses in the adjacent waters to Kamchatka.

黒潮とカムチヤツカ沿岸からの寒流系水塊との中間にある黒潮分岐流は，寒流の衰退に示されている様に5月には 165°E～170°E，48°N 附近から寒流の弱いコンマンドルスキー南沖へと NW にのび，165°E 以西の海域では寒流系水塊とは逆に，5月には 47°N 附近迄であるが，6月には 49°N 附近迄 NW にのび，7月には 51°N 辺迄進出する。Fig. 2 は以上の骨組を概括的に示したものである。

注意を要することは表面における等温線の傾度であつて，黒潮分岐流が順調にのびている海域，即ち 170°E 48°N 附近からコンマンドルスキー南沖にかけては，等温線の傾度は緩やかであり，シプンスキー岬附近から SE に張り出す寒流と黒潮分岐流と衝突する海域はこの傾度が急になつている。しかしてこの海域は5月中下旬には 166°E—170°E，48°N—47°N であり，寒流の後退に従い漸次Nまたは NW に移動した。これが好漁場の移動と一致していたことは（Ⅱ魚群の分布と回游の項参照），海況から好漁場を探査する上に重要な意味があると考えられる。

文　献

1. 田口喜三郎：1956，海流瓶より見たカムチヤツカサケ・マス漁場の海流について，本誌 22（7）
2. 相川，岡本：1941，鮭鱒共同調査会報告（海洋調査の部）農林省水産試験場（謄版）
3. 渡辺信雄：1953，天鷹丸による北太平洋サケ・マス漁場における海洋調査報告，東海区水研（謄版）
4. 宇田道隆：1955，Researches on the fluctuation of the North Pacific circulation. Records of Oceanographic Works in Japan. Vol. 2, No. 2.
5. 田口喜三郎：1952，昭和27年度サケ・マス沖取漁業試験操業に基づくアリューシヤン列島西部太平洋の漁況と海況，日魯漁業
6. 田口，広瀬：1954，母船式サケ・マス漁場の表面海流と海況，日水会誌 20（7）
7. 田口喜三郎：1955，西部アリューシヤン，カムチヤツカ半島東岸沖合サケ・マス沖取漁場の水塊の移動状況，I. 水温，水色，透明度よりの推定，本誌 20（9）

北太平洋水域におけるサケ・マス魚群と水塊の分布・流動状況—Ⅱ. 魚群の分布と洄游

田口喜三郎
(日魯漁業)

The Seasonal Variation of the Good Fishing Area of Salmon and the Movements of the water masses in the Waters of Western North Pacific—Ⅱ. The distribution and migration of salmon population in offshore waters

Kisaburo TAGUCHI

To know the relation between the movement of water mass and the migration of salmon population in the waters of the western north Pacific, the distribution of salmon population was observed through the catches of 339 gillnet-boats operated during the 1955saason.

The fishing area is shown in Fig. 1 and the seasonal variations of good fishing areas for each species are shown in Fig. 6 (A……D).

In considering the seasonal variation of good fishing areas in relation to the movement of water mass, suggests a tendency that 1). the migration of salmon will coniside with movement of water mass even in offshore waters, but 2) the good catches of red salmon and chum salmon will be made along the boundary where the tongue of cold water from the coast of Kamchatka projects into the branch current of Kuroshio.

前　　言

北太平洋水域のサケ・マス魚群の分布状況については，戦前にも試験操業によって調査が試みられ（鮭鱒共同調査会報告，1941)[1]，これからマスについては不明であるが，紅サケ・白サケはアリューシャン水域からコンマンドルスキー南沖を通りカムチャッカのコズロフ岬沖へと洄游すると推定していた。

戦後はこの推定を基礎にしてアリューシャン方面からカムチャッカ半島沖にかけて母船式漁業が操業されたが，1952 年開始以来年々操業規模の増大とともに操業水域も拡大されたため，アリューシャンからカムチャッカ半島沖に至る北太平洋水域のサケ・マスの分布とその移動状況が明らかにされることとなつた。

この内 1952 年より 1954 年迄は未だ魚群の洄游状況を操業し乍ら調査していた状況で，魚群分布については未だ全般を把握するに至らなかつたが，1955 年の操業は，1952—54 年 3 ケ年の経験から，魚群の来游状況に対応して操業が行われることとなり，この結果漁場の移動状況とその時の漁況は，魚群の分布と洄游に対する知識を与える結果となつた。

以下は 1955 年の操業結果から，サケ・マス魚群の分布及びその洄游状況を示したものである。

資料及び検討方法

資料は母船 12 隻（附属漁船 284 隻・調査船 54 隻）の 5 月 9 日より 8 月中旬に至る約 100 日間の毎日の操業位置と漁獲量（魚種別尾数）である。

これを基礎として次の方法で魚群の分布と洄游状況を観察した。即ち，魚群の分布をみるために海面を経度 1 度・緯度 30 分の矩形に区分し，各区画内の旬間の延隻数と総漁獲量から 1 日 1 隻平均漁獲量を算出し，これをその区画の魚群濃度とした。旬を単位とする魚群濃度分布の変化から魚群の洄游状況を推定する

1956 年 8 月 16 日受理

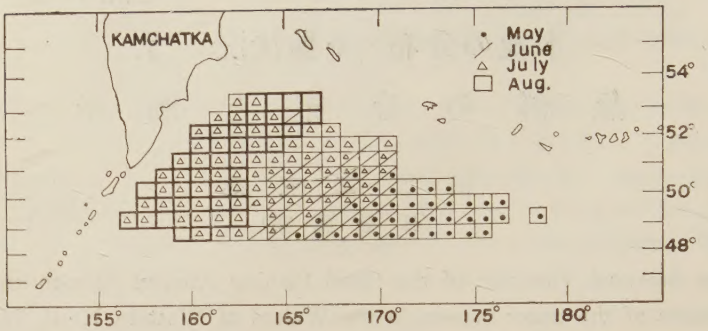


Fig. 1. Fishing area where mother-ships operated salmon fishing in 1955 season. Simbols dente month in which fishing has operated.

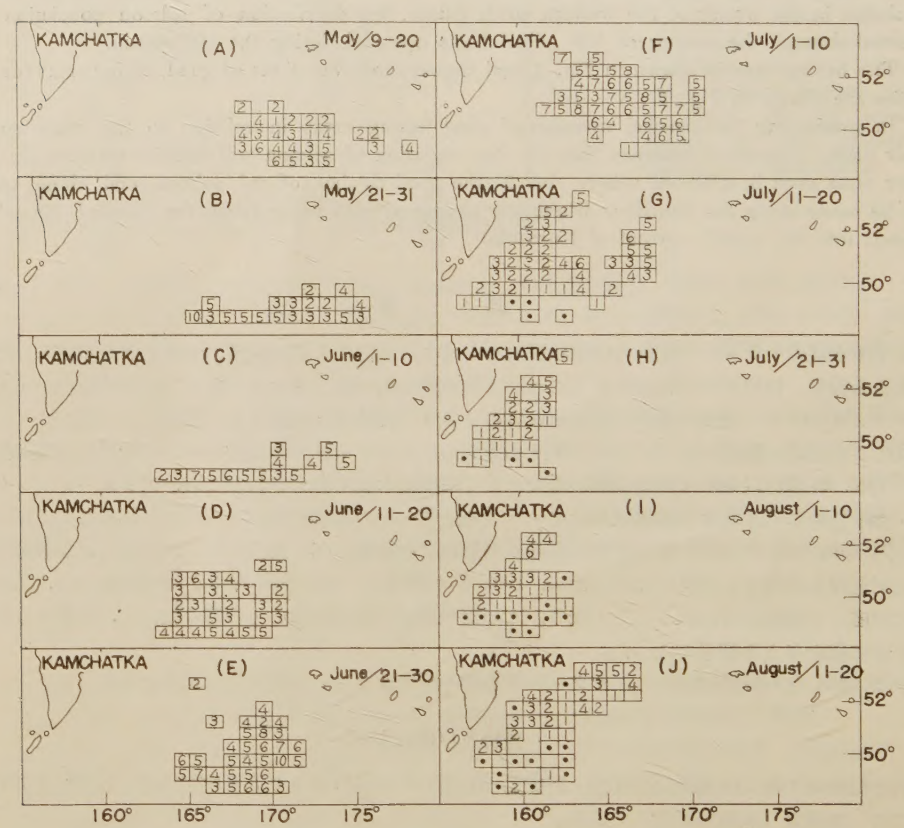


Fig. 2. 10 day variations in the distribution of red salmon population in offshore waters. The fishing area was gridded into rectangles 1°0 in Long. and 30′ (midutes) in Lat. Successive 10 day catches within each sections were ploted, and the catch per boat was considered a measure of abundance. Figure ; Catch per boat, (units ; 100 fishes)

こととした。

調査の行われた主な水域は Fig. 1 の通りである。

考　　察

Fig. 1 では月別に操業水域を示しているが，魚群が密集して経済価値の高い水域が操業されるから，これから魚群の移動が総体的には漸次西または北西に移動したことが示される。

前記方法により魚群分布の旬別変化を魚種別にみると，Fig. 2～Fig. 5 の様になり，これから魚種別に回遊状況が推定される。

A　紅サケ

5 月中下旬の漁場の中心は 165°E—172°E の間 49°N 以南の水域にあり，漸次北西に移動し，7 月上旬に 160°E—170°E・49°—30′N—53°N の 4 線に囲まれた広い水域が全般に好漁となった。7 月中旬には漁場はカムチャッカ・北千島の沿岸寄りと，163°E 以東 168°E の間の沖合とに二分され，この内北千島沿岸附近の漁場は 7 月下旬には消え，沖合の好漁場は 8 月初旬には 52°—30′N・53°—30′N の中間 165°E 附近へと北西に移動した。この漁場の変化は漸次接岸し，南下の移動を行い，8 月中旬には北千島沖に到つた。

魚群系統別の回遊をこの漁場の動きからみると，5 月から 7 月中旬迄の間は漁場は連続して漸次北太平洋水域からカムチャッカ沿岸へと移動し，あたかも一つの魚群の動きを示す如くみられ，7 月中旬からこれとは分離した好漁場が沖合に現われているが，これは先の漁場の動きからやゝ遅れて同様の動きを示し，別系

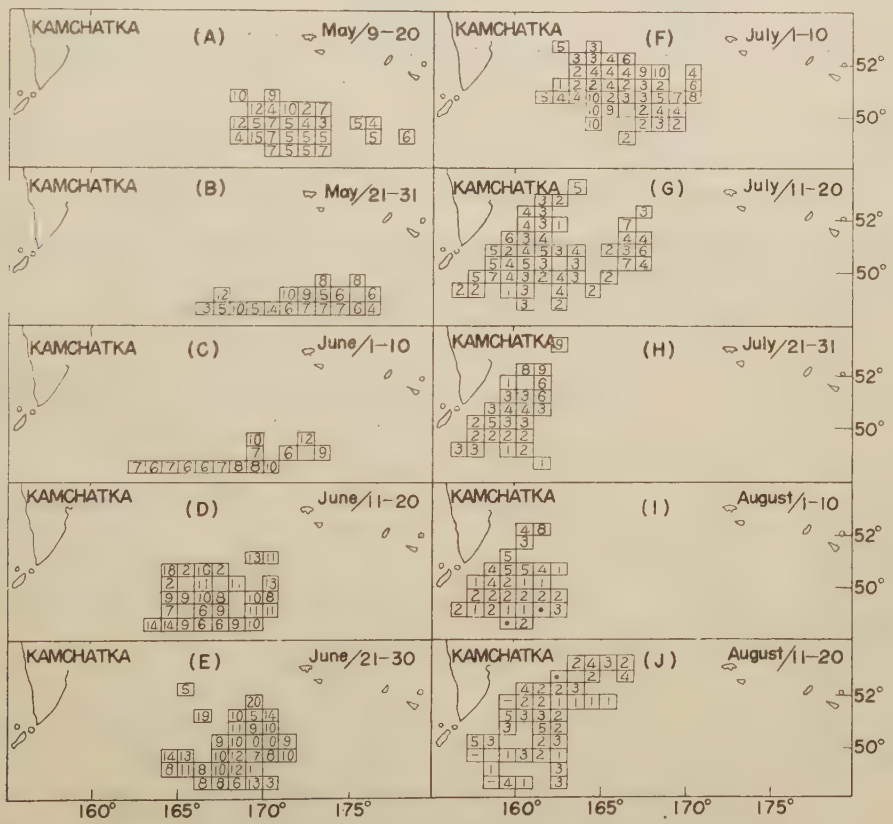


Fig. 3. 10 day variations in the distribution of chum salmon in offshore waters. Section and fighre ; same as Fig. 2.

Fig. 4. 10 day variations in the distribution of pink salmon population in offshore waters. Section and figure; same as Fig. 2.

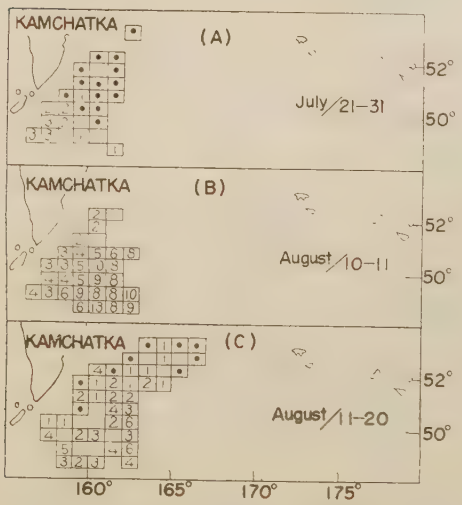


Fig. 5. 10 day variations in the distribution of coho salmon population in offshore waters. Section and figure; same as Fig. 2.

統の魚群の動きを示す様である。

以上の推定に従うと，カムチャッカ河へ回游する魚群によって構成される漁場の動きは明らかでなく，西海岸への回游群と，7月末に現われる小型未熟魚の系統との二つの来游状況を示した如く考えられる。

この点でカムチャッカ河方面に回游する魚群が相当にあるものとすれば，5月中旬にはコマンドルスキー島南沖か或はコズロフ岬・クロノッキー岬沖合が好漁場となっていたと判断するより他にないことになる。

B 白サケ

紅サケと白サケとは遡河区域及び漁期を異にしているから，沖合での回游状況も異ることが推定される。操業は紅サケを漁獲の主目的として行われるから，この結果からは白サケの来游状況に対する判断に適正をかくおそれがある。しかしこれを考慮に入れて白サケの動きにつき観察すると，概観的に次の二系統の魚群の動きがみられる。

1. 5月中下旬に 164°—172°E • 48°—51°N の4線に囲まれた水域に現われ，N • NW方向に回游する系統。

2. 7月下旬に 52°—54°N • 160°E 以東の海域に現われ，カムチャッカ沿岸から漸次SWに回游する系統。以上の二系統である。

これら魚群の回游については，先に述べた如く操業がこの群の移動と一致していないため，操業区域外での移動は不明であるが，初めの群については 6月下旬迄あたかも一つの群が停滞したかの如く 164°E—172°E 49°N—52°N の4線内の水域に好漁があり，7月上旬から急にカムチャッカ • 北千島近海を除き，沖合水域での濃度が薄くなっていること．2. 戦前の統計では，北千島地区の漁期は大体6月上旬と7月上旬との二回あること。以上二つの理由から，沖合水域の操業区域内を二系統の魚群が通過し，7月上旬には北千島近海へ移動したと推定される。しかして7月下旬以後に現われる群は，戦前にも小型未熟魚として知られたものであるが，その沖合での回游は，初めの群とは回游路を異にし，52°N 附近の北方からカムチャッカ方面に回游する如く推定された。

この漁場の移動状況を紅サケと比較すると，紅サケの中心漁場より常に北または北西に好漁場が現われていることから，白サケの回游は紅サケに先行することが推定される。このことは北千島地区の戦前の統計でも紅サケの盛漁期が7月中旬で，白サケが一旬早い7月上旬であることからも明らかと思われる。しかし7月下旬以後の未熟魚については，紅サケの未熟魚と漁場が一致していることは注目に価する。

C マス

マスは5月中旬既に 170°E 付近では 48°N 附近を東北方の限界として現われるが，6月上旬 163°E • 169°E の範囲で 47°—30′N 以南の水域において初漁期を形成し，漸次北西に回游し，7月中下旬には北千島東方沖合において盛漁期を作る。7月下旬の漁場の中心は 50°N, 160°E を中心とする水域にあり，52°N

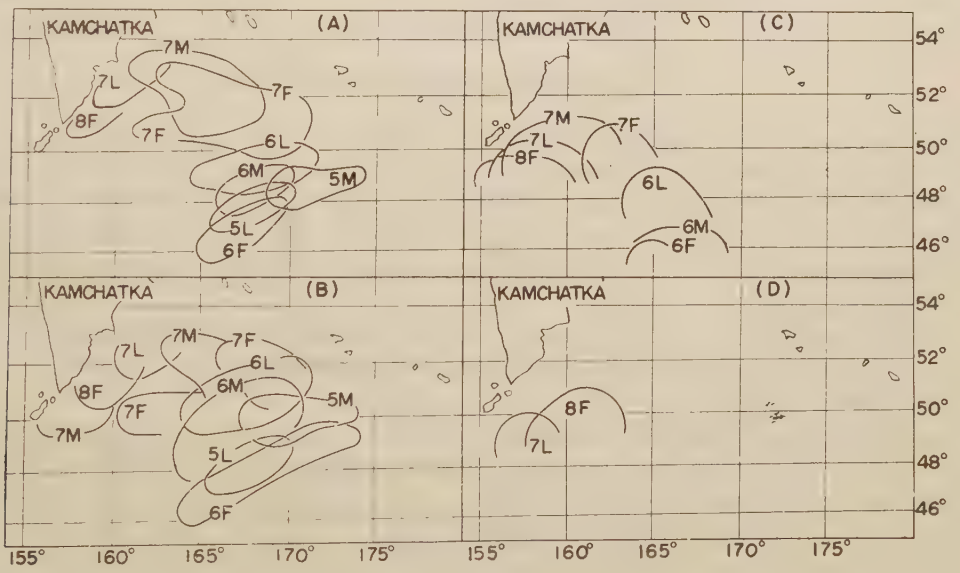


Fig. 6. Variation of good fishing area in each species during 10 day periods
The area where the per day per boat-catch was above 500 red and coho salmon, (300 after last 10 days of July), and above 1,000 chum (500 after first 10 days of July) and pink salmon were considered a good fishing area.
The lines generally follow the contour of good fishing area. Figure ; month, F ; first 10 day period, M ; middle 10 day period, L ; last 10 day period.
A ; Red Salmon. B ; Chum. C ; Pink. D ; Coho.

以北への分布は薄い。8月上旬には終漁期となり8月中旬には 50°N 以南の水域に僅かにみられる程度となる。

マスの来游には白サケ・紅サケにみられた様な分離された漁場は出現せず，一つの魚群が北太平洋水域から北千島沖を目差し北西に移動してあり，しかも 52°N 以北の水域への分布が薄いことは，単一系統の魚群が北千島沖を通りオコック海へと洄游して行くことを示す様である。

D 銀サケ

銀サケの漁場区域への出現時期は，マスより約1ケ月遅く，7月中旬に現われる。来游状況は 159°E, 163°E 49°N・50°N の4線に囲まれる水域から北西または西に移動して，カムチャッカ南部北千島沖に至る。その盛漁期は8月中旬である。マス同様に単一群が短期間に来游すると推定される。

E 綜 括

以上を概観するために，一日一隻当の漁獲尾数が，紅サケでは500尾以上（7月下旬からは300尾以上）白サケでは 1,000 尾以上（7月上旬からは 500 尾以上），マスでは 1,000 尾以上，銀サケでは500尾以上の海域を魚群の密集位置とみなし，その時期的変化の大要を Fig. 2—5 から求めると Fig.6A…Dとなり，これから次の推定が可能となる。

1. 紅サケ・白サケの好漁場は5月には 165°E—171°E の間で 49°N 以南の海域（南の限界は 45°N～46°N 附近と推定される）に現われ，6月には 51°N 附近迄漸次北へ移動し，7月には北西方面に移動する。白サケの好漁場は紅サケの場合より常に先行する形を示す。

2. マスは6月中旬に 163°E—168°E の間で 48°N 以南の水域に現われ，紅サケ・白サケより南側に現われることになる。ここから北西に進み，48°N 附近には6月下旬に到達し，7月初めに北千島近海に至る様である。主群の北側の限界は 51°N 附近である。

3. 銀サケの 48°N 附近への出現は7月中旬で，主群の現われるのは8月上旬である。位置は 158°E～163°E の附近から北へ進み，8月上旬の北限は 51°N 附近である。

水塊の分布流動と魚群洄游との関係

Iに示した水塊の分布流動と魚群の洄游との関係をみると次の様になっている。

5・6月の紅サケの漁場は 3°—4°C 等温線の分布と一致し，アリューシャン南沖及びカムチャッカ沿岸から南西に張り出す寒流系水塊と黒潮分岐流との衝突する海域が好漁場となっている。この附近では等温線の傾度は急である。黒潮分岐流が北西にのびているコマンドルスキー南沖へかけての水域は，この傾度が緩く好漁場とはなっていない。しかしそれが寒流系水に突込むコズロフ岬沖には好漁場が形成されているのではないかと想像される。

これら二水塊の接触部では，3°C 附近の低温側に白サケが好漁を示し，4°C の高温側に紅サケが好漁となっている。黒潮分岐流は漸次北西に進み寒流系水塊をカムチャッカ沿岸へと圧迫しているが，これとともに好漁場は北西に移動している。

マス・銀サケには特に二水塊の接触部に密集するという現象はみられない。6月中旬 47°N・165°E 附近に南方より張り出してくる 6°C（0m）の水帯の出現とともにマスが現われ，この水帯は北西方に北千島沖へと向うが，この水帯の移動とともにマス漁場は移動している。銀サケもマスと同様であるが，マスより高温で 8°—10°C（0m.）の水帯の出現とともに濃厚群が現われる。

漁期末に現われる小型未成熟の紅サケ・白サケは，銀サケと同様 8°—10°C の水帯の出現とともに現われるが，その位置はアリューシャン方面からで，銀サケより東方海面となっている。

これから各魚種とも黒潮流域からその分岐流の北西進とともに北または北西に洄游すること，この場合夫夫魚種別・魚群系統別に各々の適水帯の分布移動に従い分布洄游することが推定される。

即ち初めの紅サケ・白サケは 3°—4°C 等温線の分布に従い，165°—172°E の東方海面南沖から現われるに対し，マスは西方の 163°—168°E から 6°C 水温の分布に従って現われ，銀サケは更に西方の 158°E—163°E の水域から 8°—10°C 水帯の分布に従い現われる。最後の小型白サケ・紅サケは銀サケと同様 8°—

10°C 水帯に分布するが，銀サケの現われる黒潮分岐流とは別の分岐流に分布するらしく，銀サケより東方の海面から現われ，コマンドルスキー南沖を西進しカムチャッカ沿岸に至り南下する。

サケ・マス魚群の回游が海流と一致し，水塊の移動状況が魚群の回游状況を示すことは，カムチャッカ近海においては田口（1956）[2]・平野（1952）[3]の他幾多の資料から推定されているが，沖合水域においても同様であることがこれによつて明らかにされる。しかし魚群の密集する位置は必ずしも魚群の回游とは一致せず，二水塊の接触部の移動状況に影響されることがあると推定されたことは，沖合水域における魚群の回游を漁況から判断する場合に注意を要する点と考えられる。

文　　献

1）相川・岡本：1941，鮭鱒共同調査会報告．農林省水産試験場（謄写版）

2）田口：1956，海流瓶よりみたカムチャッカ近海の海流について．本誌 **22**（7）

3）平野義見：1952，過去のサケ属魚類標識試験とその結果から見た北太平洋北西部海域における回游路 I サケ，カラフトマス．本誌 **18**（10）

日本近海産ウシノシタ魚類の分布—I.

落　合　　明
（京都大学農学部水産学教室）

Zoogeographical Studies on the Soleoid Fishes found in Japan and its Neighbouring Regions—I.

Akira OCHIAI

In this paper, the zoogeographical distribution of the Japanese soleoid fishes has been quantitatively investigated. The faunal characteristic of this group of fish at various representative localities extending from Japan to its adjoining region is first analysed by making use of SCHENCK et KEEN' method.

The central latitude of each sole is represented by the mean velue of the northern and southern limits expressed by the geographical latitude. The biological latitude of each representative locality is the mean of the central latitudes of several species found there. The latitudinal change of the distributional index (D・I), which is the difference between the geographical and biological latitudes, is described as the faunal characteristic of each locality.

The results obtained in this study are summarized as follows:

1. Based upon the central latitudes, the Japanese soles are made up of 3 forms, tropical, subtropical and temperate. Thus, the fish of which the central latitude is lower than 20 is called herein tropical form, which is represented by 7 species in Soleidae and 3 ones in Cynoglossidae. The subtropical form, defined here as one of which the latitude is about 30, contains 2 species in Soleidae and 5 ones in Cynogrossidae. The remaining 2 species of each family belong to the temperate form, of which the latituds is always higher than 33 (Tab. 1).
2. The latitudinal change of D・I in the Japanese soles found from Singapore or Kai to Muroran Prov. of Hokkaido or Uladivostok seems to be rather gradual, except for sudden change which takes place between Owashi (Mie Pref.) and Numazu (Shizuoka Pref.), and Hainan and Amoi, respectively (Fig. 2).
3. The point where the value of D・I becomes 0 is found to exist in latitudes 22°N in the Pacific and 27°N in the China Sea.

日本近海産魚類の一般的な地理的分布はすでに JORDAN, 田中などによって検討され数個の地理区に分けられた。異体類 (Heterosomata) の分布に関しては KURONUMA[1),2)] の詳細な報告がある。最近 HAMAI[3)] は OTSUKA が本邦近海産軟体類の分布の研究に用いた近接率 (coefficient of closeness) と KURONUMA が用いた latitudinal value との関係を検討し，両者がよく一致することを報じた。

筆者は北海道から沖縄にいたる本邦近海産ウシノシタ類の分類を再検討したところ，この海域には 24 種が棲息することが判明した。これらのうち，テソグウシノシタ *Rhinosolea microlepidota* は琉球から 1 尾が報告されただけであり，またチソゼイシタビラメ *Paraplagusia bilineata* が九州から獲られた記録にも疑問がもたれているのでこれらを除外し，残りの 22 種の分布に関してえられた知見をここに報告する。

この研究をすすめるにあたつて，ご指導下さつた松原喜代松教授に厚くお礼を申しあげる。なお，この研究は文部省科学研究費の一部によつて行われたものである。

分布係数 (D・I) による地理的区分

1956 年 6 月 15 日受理

ウシノシタ類各種の緯度的分布の特性及び各海域の特殊性をしるために，Schenck 及び Keen の方法にしたがい，ある種類の分布の両限を緯度であらわし，両者の平均値をもつて，その種類の分布の中心緯度（central latitude）とした。この場合，分布の南限が赤道をこえて南半球に至るときは，つねにその南限を 0° と規定した*。中心緯度によつて本邦産ウシノシタ類は次の3群に大別される（Table1）。第1群は中心緯度が 20° よりも低い熱帯性種よりなり，ササウシノシタ科の7種，ウシノシタ科の3種をふくむ。第2群は中心緯度が 33° 前後の亜熱帯性種よりなり，ササウシノシタ科の2種，ウシノシタ科の5種をふくむ。第3群は中心緯度が 33° よりも高い温帯性種よりなり，ササウシノシタ科，ウシノシタ科のそれぞれ2種をふくむ。

次に室蘭から鹿児島に至る本邦各地，那覇，台北，釜山，芝罘，厦門，Uladivostok, Manila, Singapore, Paknama 及び Kai 島等の各地域に分布する総ウシノシタ類の中心緯度の平均値を地域別に計算し，これをもつてその地域の生物学的緯度（biological latitude）とする。ただし，本邦以外の各地域の生物学的緯度は本邦産ウシノシタ類が各地のそれとどれほど関連しているかを知るため，本邦にみられる種類だけで決定した。各地域の分布上の特性は，地理的緯度から生物学的緯度をさしひいた値をもつてあらわす。この値を分布係数（distributional index）と呼び，以下 D・I と略称する。北半球でこの値が正になると，その生物に関して，その海域は南偏していることをしめす。

Table 1. Central latitude of each soleoid fish found or recorded from Japanese water

Form	Soleidae ササウシノシタ科		Cynoglossidae ウシノシタ科	
	Species	Central latitude	Species	Central latitude
Tropical	*Synaptura orientalis* ミナミシマウシノシタ	13°15′	*Paraplagusia blocki* ナンヨウウシノシタ	16°47′
	Solea heterorhina サザナミシタ	14°34′	*Arelia bilineata* オオシタビラメ	17°24′
	Aseraggodes melanospieus ガラスウシノシタ	16°45′	*Symphurus strictus* ヒモウシノシタ	17°30′
	Aseraggoddes kaianus モヨウウシノシタ	16°48′		
	Pardachirus pavoninus ミナミウシノシタ	17°24′		
	Aesopia cornuta ツノウシノシタ	17°24′		
	Zebrias zebra シマウシノシタ	19°06′		
Subtropical	*Heteromycteris japonicus* ササウシノシタ	29°06′	*Areliscus interruptus* ゲンコ	28°25′
	Zebrias fasciatus オビウシノシタ	30°05′	*Areliscus trigrammus* ムラサキシタビラメ	29°30′
			Cynoglossus robustus イヌノシタ	29°50′
			Areliscus itina リュウキュウウシノシタ	30°40′
			Areliscus joyneri アカシタビラメ	31°36′
Temperate	*Zebrias japonicus* セトウシノシタ	34°25′	*Rhinoplagusia japonica* クロウシノシタ	33°05′
	Aseraggodes kobensis トビササウシノシタ	34°54′	*Symphurus orientalis* アズマガレイ	37°57′

The latitude of each species here represented by the mean value of the northern and southern limits expressed by the geographical latitude.

* 熱帯性種の多くのものは赤道をはさんで南北 20° 前後に分布するからである。

本邦各地，台北，那覇及び海南島のD・I を科別に算出すると，ササウシノシタ科に関するD・I はウシノシタ科のそれよりも常に大きい。これは前者では熱帯性種が優勢であるのに対して，ウシノシタ科では亜熱帯性種が優勢であることに基因する。そして，那覇及び台北を除くと，本州各地及び海南島では，これら2つのD・Iは比例的に増減する(Fig. 1)。そこで両科を一括したうえで，各地域毎の生物学的緯度を計算するとTable 2のようになる。また，各地の地理的緯度とD・I との関係はFig. 2にしめされる。台北以北の各地ではD・I は正であるが，厦門以南の各地のそれは負である。

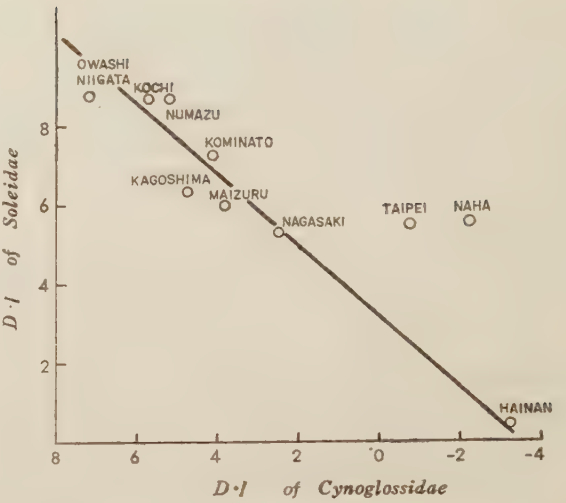


Fig. 1. Faunal change of some representative localites found in the Japanese soles. The difference betwen geographical and biological latitudes in the given locality represents D・I (distributional inedx).

このD・I の値の緯度的変化を調べると，太平洋側では Kai 島から Manila，台北まで殆んど直線的に並ぶが，台北から那覇，鹿児島，高知を結ぶ線は前者に比較して傾斜が少し緩になる。そして尾鷲と沼津の間に顕著な変化がおきるが，沼津から室蘭までは再び直線的に徐々に変化する。ここではD・I が0になる地点は北緯22°前後である。一方裏日本の各地とSingapore までのアジア大陸沿岸各地を結ぶ線をみると，Singapore から海南島までは太平洋と相似た傾向にあるが，海南島と厦門との間に急激な変化がおこる。前者では熱帯性種が62%であるのに対して，厦門では亜熱帯性種が優勢となり，熱帯性種は25%にすぎない。厦門から芝罘に至る各地区は再び直線的に変化し，沼津以北の太平洋沿岸各地と相似た経過をたどる。ここではD・I は北緯27°前後で0となる。また，日本海の大陸沿岸の釜山とUladivostok とを結ぶ線は，相対的にD・I が小さく，北緯27°前後でその値が0となる。これらの結果，ウシノシタ類の分布から日本領海は南部北太平洋とその他の区域に大別される。

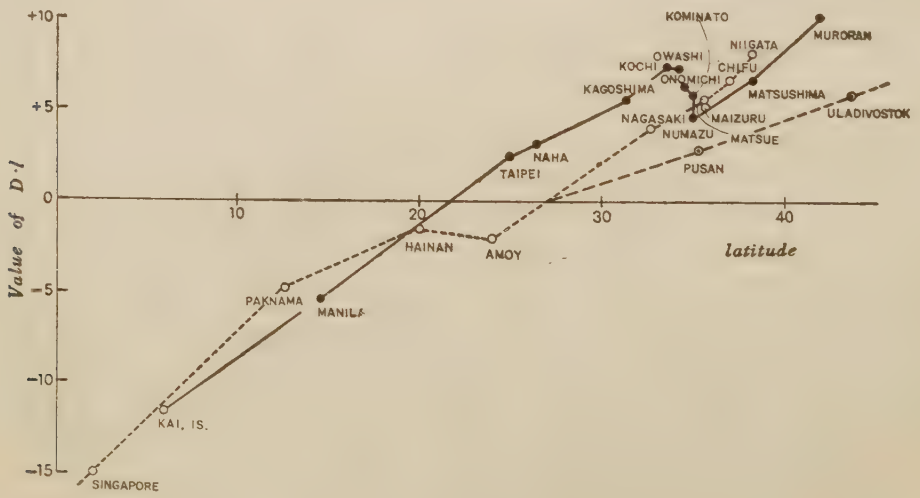


Fig. 2. Latitudinal change of D・I of Japanese soles at some representative localities.
—, localities washed by the Current of Kuro-Shio; ···, localities washed by coastal waters.

Table 2. Biological latitude of some representative localities

Locality	Latitude	Locality	Latitude	Locality	Latitude
Uladivostok	37°57′	Niigata	30°05′	Singapore	16°58′
Pusan	32°14′	Maizuru	29°58′	Kai Island	17°40′
Muroran	31°58′	Matsue	29°48′	Owashi	26°43′
Matsushima	31°58′	Nagasaki	28°54′	Kochi	26°16′
Kominato	29°21′	Chifu	30°26′	Kagoshima	26°06′
Numazu	30°34′	Amoy	25°58′	Naha	24°23′
Onomichi	28°07′	Paknama	17°12′	Taipei	22°29′
Manila	19°50′	Hainan	21°35′		

This latitude is the mean of central latitudes of several species found there.

要　　約

1. 日本産ウシノシタ類は，それぞれの中心緯度によつて，熱帯性種・亜熱帯性種及び温帯性種の3群に分けられる。

2. Schenck と Keen の方法によつて，日本近海のウシノシタ類の分布相を検討した結果，南部北太平洋区とその他の海区に大別される。

文　　献

1) Kuronuma, K. : Jour. Fish., **35**, 211-216 (1940).

2) 　　: Bull. Biogeogr. Soc. Japan **12**, 85-91 (1942).

3) Hamai, I. : Seventh Pacific Sci. Congress, **3**, 1-6 (1952).

日本近海産ウシノシタ魚類の分布—Ⅱ.

落　合　　明
（京都大学農学部水産学教室）

Zoogeogrphical Studies on the Soleoid Fishes Found in Japan and Its Neighbouring Regions—Ⅱ.

Akira Ochiai

It is well known that coefficient of closeness $\left(C=\frac{100c}{\sqrt{S_1S_2}}\right)$, which is the ratio of the number of common species (c) between two different localities to the geometric mean of their respective total number of species (S_1, S_2) proposed by Otsuka, is useful in precisely comparing the faunistic feature between two different localities. With a view to our clarifying the distributional pattern of each species, degree of popularity (P) is newly defined herein in the following formula:

$$P=\frac{N}{S(n-1)}$$

Where, N stands for the frequency that one species is concurrently obtained together with other species of this group from the same locality in each zoogeographic division, n for the total number of species examined and S for the number of investigation.

The results obtained are summarized as follows:

(1) According to the coefficient of closeness among Nagasaki, Matsue, Maizuru, Niigata, Onomichi, Numazu, Kominato, Matsushima, Muroran, Owashi, Kochi and Kagoshima (Tab. 1), the Japanese waters can be divided into 5 faunal subdivisions. The southern part of Japan from Ryûkyû to Suruga Bay on the Pacific is geographically characterized by the fact that all Japanese soles including 7 tropical species never before found in any other part of Japan are unfailingly found there. The East China Sea is easily distinguished from other regions by the presence of characteristic species *Zebrias fasciata*.

On the Japanese coast of the Japan Sea and the Pacific coast of the middle part of Japan (from Sagami-Nada to Kashima-Nada) several temperate and subtemperate soles are known. The fauna of the soles in the Inland Sea of Japan is of peculiar in character, being more or less influenced by the neighbouring fauna. But the northern part of Japan on the Pacific is the most sterile region, so far as soles are concerned, only 3 species (*Areliscus interruptus*, *Zebrias japonicus* and *Rhinoplagusia japonica*) being reported there.

(2) The degree of popularity is large in *Areliscus interruptus*, *Aseraggodes kobensis*, *Zebarias japonicus*, *Heteromycteris japonicus* and *Aesopia cornuta* than in any other species found in the southern part of Japan on the Pacific (Tab. 2). On the Japanese coast of the Sea of Japan and the Pacific coast of middle part of Japan, the degree is large in *Areliscus interruptus*, *Zebrias japonicus*, *Rhinoplagusia japonica* and *Areliscus joyneri* (Tab. 3).

(3) On the whole, the temperature and the subtropical forms of this group, whose degree of popularity is large, are widely distributed even to the northern part of the Japanese waters. But the tropical form has the degree usually smaller than 0.1, the northern limit of its range lying in the southern part of Japan.

前報では Schenk と Keen の方法によって，日本近海産ウシノシタ類の分布状態を検討したが，本報では

1956 年 7 月 26 日受理

更に近接率及び普遍度を用いて，その地理的・生態的分布の詳細を明らかにしたい。

稿をすすめるにあたつて，この研究をご指導下さつた松原喜代松教授に厚くお礼を申し上げる。なお，この研究は文部省科学研究費の一部によつて行われたものである。

近接率による地理的区分

前報において日本産ウシノシタ魚類の分布状態から，日本近海は南部北太平洋とその他の海域に大別されることが判明した。しかし，前述の方法では尾道（広島県）・小湊（千葉県）などが何れの海区に属するかは明らかでない。一般に近接率 $C=c/\sqrt{S_1S_2}\times100$（$S_1$，$S_2$ は比較する両区のそれぞれの種類数，c は両区の共通種数）は生物地理区を細分する上に有効であるとされている（浜井[1]）。そこで，本邦各地相互の近接率を算出すると **Table 1** のようになる。これによつて明らかなように，南部北太平洋の尾鷲（三重県）・高知・鹿児島などでは，相互間のこの値は 94～100 であり，沼津を除く他の区域とは明りように区別されるが，この海域をさらに細分することはできない。松島（宮城県）と室蘭は近接率が 100 であつて，他の海域との相違が明らかである。長崎と尾道はこの係数からみてそれぞれ独自性が強い。松江（島根県）と舞鶴（京都府）の近接率は 100 であつて，これらは小湊と密接な関係にある新潟との関係が深い。このような結果から南部北太平洋以外の地区は，さらに東支那海，瀬戸内海，日本海—中部北太平洋（相模灘から鹿島灘）及び北部北太平洋の 4 海区に分けられる。沼津と尾鷲または鹿児島との近接率は 90 に近いが，これと小湊との相関度合は低い。このことから沼津は南部北太平洋に入れた方が適当と思われる。

日本産ウシノシタ類は本邦海域における分布の北限から次の 6 群に分けられる。

A群……ゲンコ，セトウシノシタ，クロウシノシタ

B群……トビササウシノシタ，ササウシノシタ，シマウシノシタ，アカシタビラメ

C群……イヌノシタ，ムラサキシタビラメ

D群……オオシタビラメ，リュウキュウウシノシタ

E群……オビウシノシタ，ツノウシノシタ，アズマガレイ

F群……ナンヨウウシノシタ，ミナミウシノシタ，ガラスウシノシタ，ヒレグロゲンコ，モヨウウシノシタ，ヒモウシノシタ，サザナミシタ

南部北太平洋にはAからF群までのすべての種類がみとめられ，とくに，F群に属する熱帯性種 7 種が分布する点で他の海区と区別される。内海にはA・B・C及びD群にふくまれる 10 種が棲息する。これらの両海区に共通に見られ，他の海区に棲息しないのはオオシタビラメだけであることを考えると，地理的に相接近したこれら両海区が分布上では顕著な相違をしめすことが分る。東支那海にはA・B・C及びEに属する 12 種がみとめられる。この海区はE群に属する種類が分布している点で南部北太平洋を除く他の海区と区別される。日本海及び中部北太平洋にはA・B群に属する 7 種が，北部北太平洋にはA群に属する 3 種がそれぞれ分布する。

普遍度（degree of popularity）

各海区において各種類がどのように分布しているかを知るための一つの目安として，各海区毎に各種類の普遍度（degree of popularity）を算出した*。ある一つの漁場で同時に漁獲される種類間の関連度合を調査し，相互に関連してえられた回数を海区毎に合計して Table 2 のように表示する。次に一つの種類と関連してえられたすべての種類について，その回数を総計し，これを N とすると，普遍度（P）は

$$P=\frac{N}{n(S-1)}$$

によつて定義される。ここで，n は調査回数，S は調査した全種類数をあらわす。この値は対象とする生物の分布が symphatric な場合には棲息密度の大小と関係し，allopatric な種類間では分布区域の大小によつて主として変動するものと思われる。一般に棲息密度が非常に大きいもの，分布区域の広いもの，またはこ

* この方法は本論文において行われた初の試みである。この指数は稀種・普通種・優勢種などの区別にも利用されよう。

Table 1. Coefficient of closeness (C) between two localities in the Japanese soles fauna

C \ c	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	S
I		5	5	7	5	8	6	3	3	10	10	10	11
II	67.5		4	5	2	5	4	3	3	5	5	5	5
III	67.5	100.0		5	2	5	4	3	3	5	5	5	5
IV	79.8	84.5	84.5		2	7	6	3	3	7	7	7	7
V	61.4	36.5	36.5	61.7		4	2	2	2	6	6	6	6
VI	72.7	67.5	67.5	80.1	49.3		6	3	3	11	11	11	11
VII	73.9	73.0	73.0	92.5	33.3	73.9		3	3	6	6	6	6
VIII	36.9	77.5	77.5	65.5	47.1	52.4	70.8		3	3	3	3	3
IX	36.9	77.5	77.5	65.5	47.1	52.4	70.8	100.0		3	3	3	3
X	80.7	59.8	59.8	70.8	65.5	88.5	65.5	46.3	46.3		14	14	14
XI	75.5	55.9	55.9	66.0	61.3	83.3	61.5	43.3	43.3	94.0		14	16
XII	80.7	59.8	59.8	70.8	65.5	88.5	65.5	46.3	46.3	100.0	94.0		14

(c is the number of common species, S is the number of species in a given locality)
I…Nagasaki, II…Matsue, III…Maizuru, IV…Niigata, V…Onomichi, VI…Numazu, VII…Kominato, VIII…Matsushima, IX…Muroran, X…Owashi, XI…Kochi, XII…Kagoshima).

Table 2. Degree of popularity (P) of 14 Japanese soles in the southern Japanese coast on the Pacific

Kinds	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	Total N	P
I	5	5	1	3	3	1	7	3	3	2	2	2	2	39	0.23
II		4	2	3	3	1	6	1	1	1	1	2	2	32	.17
III			2	4	2	2	6	1	3	2	0	2	1	34	.20
IV				2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	12	.70
V					2	2	4	1	2	1	1	2	1	28	.16
VI						3	5	1	0	0	1	1	1	24	.14
VII							1	1	1	1	2	1	1	18	.11
VIII								2	3	1	1	2	2	42	.25
IX									0	1	2	0	1	14	.08
X										0	2	0	0	15	.09
XI											2	1	1	13	.07
XII												1	1	16	.10
XIII													2	16	.10
XIV														15	.09

I…*Aseraggodes kobensis*, II…*Heteromycteris japonicus*, III…*Zebrias japonicus*, IV…*Z. zebra*, V…*Aesopia cornuta*, VI…*Rhinoplagusia japonica*, VII…*Areliscus itina*, VIII…*A. interruptus*, IX…*A. joyneri*, X…*Areliscus sp.*, XI…*Arelia bilineata*, XII…*Symphurus orientalis*, XIII…*S. strictus*, XIV…*Cynoglossus robustus*.

の両方をかね合わした種類では，この値が大きくなり1に近づく。しかし，この値は相対的なものであつて，調査種類数によつて変化するほか，魚具・魚法などによつても変動する。

高知沖（1951年2月20日，1952年10月15日，1954年4月10日），鹿児島沖（1952年1月8日，1952年2月10日，1952年3月15日，1952年12月18日，1953年4月10日，1954年9月1日）の調査によつて，南部北太平洋の底曳魚場における14種の普遍度を算出すると第2表のようになる。この値はゲンコが最も大きくて0.25であり，これについでトビササウシノシタ，セトウシノシタ，ササウシノシタ，ツノウシノシタ，クロウシノシタの順に減少し，シマウシノシタ，リュウキュウウシノシタ，アカシ

Table 3. Degree of popularity (P) of 7 Japanese soles found in the Japanese coast of the Sea of Japan and the Pacific coast of middle part of Japan

Kinds	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Total N	P
Ⅰ	0	3	0	0	2	0	5	0.17
Ⅱ		0	1	1	1	1	4	.13
Ⅲ			0	1	2	1	7	.23
Ⅳ				1	2	1	5	.17
Ⅴ					1	2	6	.20
Ⅵ						1	9	.30
Ⅶ							6	.20

Ⅰ…*Aseraggodes kobensis*, Ⅱ…*Heteromycteris japonicus*, Ⅲ…*Zebrias japonicus*, Ⅳ…*Z. zebra*, Ⅴ…*Rhinoplagusia japonica*, Ⅵ…*Areliscus interruptus*, Ⅶ…*A. joyneri*.

メビラメ，ヒシガロゲンコ，オオシタビラメ，アズマガレイ及びヒモウシノシタなどでは非常に小さい。

銚子（1937 年 2 月，1939 年 10 月 11 日），小湊（1942 年 10 月 26 日），舞鶴（1950 年 5 月，1956 年 3 月 20 日）などによつて代表される日本海及び中部北太平洋の底曳魚場では（Table 3），ゲンコ，セトウシノシタの普遍度が最も大きく，クロウシノシタ，アカシタビラメ，トビササウシノシタ，シマウシノシタ，ササウシノシタの順にこの値は減少する。このように南部北太平洋では種類の数は多いが，普遍度の大きい種類は日本海や中部北太平洋と殆んど変らない。さらに，日本海と中部北太平洋とに共通な種類に限定して南部北太平洋各種の普遍度を算出すると，一般に後者では普遍度が大きいが，とくに，ゲンコ（0.41），トビササウシノシタ（0.38），セトウシノシタ（0.35），ササウシノシタ（0.29）などではこの傾向が顕著である。

東支那海及び北部北太平洋における各種の普遍度は充分な資料がないので直接算出することができない。しかし，北部北太平洋に棲息するゲンコ，セトウシノシタなどがすべて南部太平洋において普遍度が大きい種類であることは興味深い。

系統と分布

日本産ウシノシタ類は地理的な分布から次の 4 系統に分けられる。その第 1 は殆んど全く日本近海にのみ分布するものであつて，セトウシノシタ，トビササウシノシタ及びリュウキュウウシノシタがふくまれる。ここでは，これを本土系と呼ぶことにする。第 2 は日本近海と支那大陸沿海だけに知られているものであつて，ササウシノシタ，ゲンコ，クロウシノシタ，ムラサキシタビラメ，アズマガレイ，イヌノシタ，オビウシノシタ及びアカシタビラメなどがこれに属する。この系統を支那系と呼ぶことにする。第 3 は赤道を中心として南北緯 20° 以内及び日本の南部北太平洋に分布するものであつて，ミナミウシノシタ，モヨウウシノシタサザナミシタ及びヒモウシノシタなどが属し，この系統を熱帯太洋系と名づける。第 4 は日本，支那大陸及び熱帯水域にかけて広く分布するものであつて，ミナミシマウシノシタ，ツノウシノシタ，ガラスウシノシタ，ナンヨウウシノシタ，オオウシノシタ及びシマウシノシタがふくまれ，この系統をコスモポリタン系と呼ぶ（$W_0^{2)}$ は支那大陸沿岸のウシノシタ類を，支那から印度－太平洋に分布するもの，支那から日本にかけて分布するもの及び支那と台湾だけに分布するものというように 3 つに分けた）。

これらの各系統と，それらの本邦海域における分布との関係を検討すると，本土系及び支那系の多くの種類はA・B群に属し，分布の北限が中部または北部北太平洋に及ぶが，熱帯太洋系またはコスモポリタン系に属する種類の多くはF群にふくまれ，その分布の北限が主として南部太平洋に限られる。しかしこれにはいくらかの例外がある。リュウキュウウシノシタは本土系であるのに，その棲息地は南部日本近海に限定される。支那大陸沿岸系中オビウシノシタ，アズマガレイなどは東支那海または南部北太平洋にのみ棲息す

* 一般に分布の周辺部で分化した種類は，分布の中心部に向つて分散することが出来ないと考えられているので，たとえ日本海域で普遍度が大きい種類であつても，南支那にも分布している限り，このように呼ぶのが適当と思われる。

る。コスモポリタン系のツノウシノシタ，オオウシノシタ及びシマウシノシタなどは，同系の他の種類に比較して分布の北限が著しく北にある。

このように本土系と支那系，熱帯太洋系とコスモポリタン系は本邦近海でそれぞれ相似た分布範囲をもつが，各種の分布を詳細に検討すると，系統の外に種的な特性によって，さらにそれぞれの分布区域が異なっている。

要　　約

1. 近接率によってウシノシタ類の分布を検討した結果，日本近海は南部北太平洋，東支那海，瀬戸内海，日本海一中部北太平洋及び北部北太平洋の5区に細別される。

2. 普遍度は南部北太平洋区ではゲソコ・トビササウシノシタ・セトウシノシタ・ササウシノシタなどで，日本海一中部北太平洋ではゲソコ・セトウシノシタ・クロウシノシタ・アカシタビラメなどでそれぞれ大きい。

3. 南部日本で普遍度が大きい種類ほど本邦の北方海域まで分布する。

4. 日本産ウシノシタ類には本土系・支那系・熱帯太洋系及びコスモポリタン系の4系がふくまれる。

文　　献

1） 浜井　生三： 日生態会誌, **5**, 41, (1955).

2） Wu, W.H.： Théses de Paris, 244, 1-179, (1932).

日本近海産ウシノシタ魚類の分布——Ⅲ.

落　合　明
（京都大学農学部水産学教室）

Zoogeographical Studies on the Soleoid Fishes Found in Japan and its Neighbouring Regions—Ⅲ.

Akira Ochiai

The tropical Indo-Western Pacific region is believed to be the center of dispersal of the Japanese soles, based upon 3 facts : 1) the center of dispersal is nothing but the center of specific differenciation in this group, 2) the 10 tropical soles, which are almost half the known members of the entire species inhabiting the waters of Japan, are found both in the Japanese waters and the tropical Indo-Western Pacific, and 3) the larger number of species and genera of this group are concentrated in the latter region.

The phylogenetic migration of the Japanese soles from the center of dispersal to our area is presumed to have taken Place through 2 main lines. One is the Kuroshio line, which has brought the tropical Western Pacific fauna with it to the southern part of Japan by the Kuroshio. Through the other line, which is herein called "Continental line", the soles have extended their habitats northwards along the continental coast of Asia from the East Indies to Japan, passing the China Sea.

It is a srtiking evident that in the northern hemisphere, the distribution of this group coincides with a fair degree of accuracy with the surface isothermals in February. The temperature in this month is 25°C or a little higher in the center of dispersal, and it is 0°C in the northern limit of the dispersal in Japan. The isothermals of 10°, 15° and 20°C form respectively the boundaries of zoogeographic division of this group (Fig. 1).

前2報において日本近海におけるウシノシタ類の分布をいろいろの面から考察したが，ここでは，ウシノシタ類の分散の中心及びそこから本邦近海にまで分布した系統的洄游について論究する。

この研究をすすめるにあたつてご助言を賜わり．本稿を校閲して下さつた松原喜代松教授に感謝する。

分　散　の　中　心

一つの生物群の発祥地または分散の中心（center of dispersal）を推定することは容易でない。Jordan[1]によると海産魚の最も重要な分散の中心は太平洋であつて，東印度諸島が第一にあげられ，これについで太平洋の北極地方，オーストラリヤ近海の順となる。太西洋では西印度諸島が主なる分散の中心であり，地中海がこれにつぐ。日本の海産魚についても2～3の分散の中心が考えられる。寒流性魚類の分散の中心はオホーツク海であるとされた。Schmidt[2]はオホーツク海から 135 属 255 種 271 型の魚種をみとめ，進化の中心地はある群について最も多くの種類を持つという彼の持論に基づいて，この海域が北部太平洋，極海及び一部北太西洋の魚類の進化と分散の中心であるとした。しかし，オホーツク海の極性種（arctic species）が同海の北部と西部に限られること，特徴的な極性種がこの海域にみとめられないことなどから，Walter 及び Robins[3]はオホーツク海の魚類の豊富さは間氷河期の間に南下した極性型が隔離によって北オホーツク海の冷水中にとどまつて，ここで分化したことを考慮すべきだとした。Andriashev[4]はベーリング海の魚相を調査し，北太平洋の北部魚類相は近傍の何れの海域の魚類相よりも量的，質的に豊かなことから，ここから北極や北大西洋に分散したと考えた。さらに Andriashev は北太平洋北部魚類相の二大中心地とし

1956 年 7 月 26 日受理

て極東海域（アジヤ側の北部太平洋沿岸近海）と北米の北部太平洋岸があり，ここから第三紀中新世，鮮新世及び間氷河期に数回にわたつて日本及びアメリカへ南下移動したこと，氷河期後にも同様の移動が行われた可能性があること等を指摘した。

日本近海産暖流性魚類の分布の中心は印度—西部太平洋の熱帯水域（場合によつては印度洋と西部太平洋の両区に分けることもある）であると信じられている。ここは現在の海洋諸条件にめぐまれているとともに，地史的にも豊富であつた Tethys 海の熱帯動物相をもつ。また，ある種のものでは（ギンポ類・ウミタナゴ類）分散の中心が東部太平洋の熱帯水域にあつて，ここから間氷河期に北方の島にそつて南下し本邦近海に分散したという（Hubbs[5], Tarp[6]）。

現在の分布状態から一つの生物群の分散の中心を推定する場合には，原始的な種類及び最も特殊化した種類の分布状態，各地域の種類数，属数及び種的分化の度合などが一応問題とされた。最も特化した種類は分散の中心に，最も原始的な種類はその科の生物群の分散区域の周辺部に，そして普偏種がそれらの中間部にみとめられるというのが Matthew の説である。分散の中心がひきつづき種的分化の中心となるような場合には分散の中心に最も特化した型の種類が見出され，それらとの競争にうち負けた原始的な種類が分布の周辺部に移動し，そこに遺存するようになる。Cole も地理的ないしは生態的な縁辺部は競争相手が少くて遺存型（relict form）が残りやすいことを指摘している。一般に広く承認されている生物地理学的法則に，分散の中心は最も多くの種類数をもつというのがある。Jordan によると最も多くの種類を持つ地域が属の発祥地であり，最も多くの属数を持つ地域がその科の発祥地であるという。Vavilov によつて提唱された起源の中心説（center of origin hypothesis）つまり集団の遺伝的変異性，はその種が発祥しかつ他の地域に対する分散の中心になつた地域に最も高いという説を，Dobzansky[7] は遺伝学的な立場から次の様に説明している。ある生物群が適応的な多くの型を生じ，それによつて新らしい棲息地を開拓し克服する進化の過程には長い年月を要する。したがつて種がある地点をしめている期間がながいほど適応的に多型化し，その集団の遺伝性変異が加わる傾向にある。これとは反対に分布地域の周辺部では，不都合な地理的障害によつて，種の分散が停止されない限り適応的な変異度が低い。ウミタナゴ類は現在までには 21 種がしられているが，そのうちカリフォルニヤには 20 種が見出されるので Tarp は中・南部カリフォルニヤがこの類の分散の中心であるとした。

分散の中心を推定する場合には種類数のほかに種的分化の様式，度合なども重視することがある。ウバウオ類の分散について Briggs[9),10)] ははじめ種数において世界の半ばをしめる米国西海岸（43種）が分散の中心であるとしたが，その後ここが 7 属を持つのに対して，西部太平洋・印度洋では 28 種しか分布しないが，これらが 21 属に分化することから，種的分化の度合の大きい後者が分散の中心であり，前者は 2 次的な分散の中心であるとした。ニューギニヤの北部からモルッカ海にわたる海域には 7 種のウナギを産し（この数は印度洋産ウナギの全種類数に比敵し，太平洋に産する全種類の半数以上になる）しかもウナギ属にふくまれるあらゆる型の代表種がこの地方に分布するので，Schmidt[11] はここをウナギの発祥地とした。ウナギの場合には問題ないが，ウバウオ類の様に種類数と分化の度合が必ずしも平行しないときに，何れを重視するかはむずかしい問題である。一方古生物学的な事実は適応進化が分散の中心から離れたところに，より優勢に行われたことをしめしている。Jordan も指摘しているように，ある生物が分散の中心から離れたある地区に入りこみ，そこで種族の保持に成功すると，異つた環境要因の選択をうけて原型から離れたいくつかの型を生ずるようになる。この場合生存競争が少かつたり，環境要因が複雑であるために爆発的な種類の分化をひきおこす。したがつて，この法則によると原始的な種類が棲存する地域が分散の中心となる。Fraser Brunner[8] は原始的なハダカイワシ類が南極海域で発見され，特化した種類が熱帯水域にみとめられることから，この類の分散の中心は南極海域であるとした。Clark Hubbs もアサヒギンポ科の原始型亜科である Labrisominae の 5 属のうち 4 属までがアメリカの熱帯海区にみられ，そのうち Starksiidi と Mnierpidi がこの海区に局限されることから，新世界の暖海がアサヒギンポ科の発祥地であるとした。

このようにいろいろの法則があり，その何れにしたがうかによつて全く異つた結論に達する。種的分化は生物体に内在する変異性と，この変異性を淘汰・選択する環境要因とによつて誘発される。環境要因に差がなければ，歴史の古い地域ほど種的分化が著しいはずであり，また，歴史的に新らしくても環境要因が複雑であると却つて歴史的に古い地域よりも多くの種類数をもつであろう。種類数が多いからという理由だけで，

そこが分散の中心であるとは速断されないし，分化の度合が大きいからといって，そこが中心になるとも限らない。さらに面倒なことは魚類では海流・潮流によって種の集合離散が容易に行われることである。これらの理由によって現在の種数とか種的分化の度合だけでは簡単に分散の中心を定めることが出来ない。

前にあげたいろいろの法則を適用する場合には，まず分散の中心と分化の中心とを明らかに区別しなければならない。これらの中心が一致する場合とそうでない場合とによって適用される法則が異る。これら2つの中心が一致する場合には，種類数の多い地域，変異の著しい地域が分散の中心になるものと思われる。そして原始的な種類がそこに遺存していようといまいとそれは重要な問題でないように思われる。種的分化の中心と分散の中心とが異る場合には複雑であるが，一応原始型またはこれに近い種類が多くみとめられる場所が分散の中心になるとみてよかろう。そこでまず取りあつかう生物群がこれら2つの型の何れに属するかを定める必要がある。各地における種的分化の状態が放散的ないしは傾斜的な傾向にあり，各地相互の分布相に共通性が認められる場合には両者の中心が一致する可能性が強い。これと反対に分化の状態に地域的な定向性がみとめられなかつたり，各地相互の共通種が極めて少ない場合には，2つの中心地に多少ともずれがあるものと考えられる。

ウシノシタ類は後にも述べるように熱帯域を中心に両極へ向うにつれて種的分化の度合が少くなること，広い地域に分布するコスモポリタン系が多く，各地の分布相に強い相関性がみられることなどから分散の中心と種的分化の中心とが一致する群であると思われる。したがつて次の理由によつて日本産ウシノシタ類の分散の中心は印度—西部太平洋の熱帯水域であると思われる。本邦産ウシノシタ類の約半数は熱帯性種であつて印度—西部太平洋の熱帯水域に広くみとめられる。これらの種類は北半球では北緯 0°～35° ないし 40° まで分布しているのに対して，本邦産の残りの種類の分布範囲は緯度範囲にしてせいぜい 10°～20° であり，かつ，北緯 20° 以南の海域には分布しない。これらは分布の中心から周縁部への移動は可能であるが，この逆の移動は不可能であること，熱帯性種の分散力が強く系統的回游の古いことなどをしめしている。そして本邦近海でこれらの種類の普遍度が一般に低いことは，当海域が熱帯性種の最北の周縁部を形づくつていることを意味する。第二の理由は南方海域へ向うにつれて属数及び種類数がます傾向にあることである。広い海域では広さによつて種類の数が異るので，各都市毎に実際に報告された属数と種類数とを調べると，芝栄では2属3種，釜山では5属9種，台南で4属8種，厦門で4属 10 種，香港で5属 10 種，Singapore で8属 22 種となる。1属あたりの種類数は北部太平洋（日本近海を除く）では 1.5 以内，中部太平洋では 2.0 内外，印度洋の熱帯水域では 2.9 である。第3に日本近海にいる亜熱帯または温帯性種に極めて近似する種類は印度—西部太平洋の熱帯水域に見られるのに対して，熱帯水域にいる属または種類で日本近海にいないものがある。例えばササウシノシタに対して *Heteromycteris hartzfeldi* (Bleeker) が，クロウシノシタに対して *Rhinoplagusia guttata* Macleay が，オビウシノシタとシマウシノシタなどがそれぞれ対応しているが，南方海域にいる *Achiroides* 属及びこれに属する種類は本邦近海にはみとめられない。さらにウシノシタ類の原型に近いと思われる Rhombosoleinae のある種類は，この類の分布の周辺とみなされる南オストラリヤ，ニュージランドなどに棲息する。

系統的回游

印度—西部太平洋の熱帯水域に起源を発したウシノシタ類が日本近海に達した系統的な回游路には2つが想定される。一つは西部太平洋の熱帯水域から黒潮流域を北に進んだ黒潮系* であり，他のものは東印度からシヤムを通つて大陸沿岸を北上して本邦近海に達した大陸沿岸系* である。この2つの系統の分布状態は北緯 20° 前後までは相似た状態をしめすが，それ以北ではかなり顕著な差異をしめす。黒潮系では Kai 島から本邦の南部北太平洋沿岸各地にいたるまではほぼ連続的に変化し，北緯 22° 前後で生物学的な緯度と地理学的緯度とが一致する。しかし，大陸沿岸系では厦門近傍で分布上の急激な変化がおこり，大陸沿海によく適応分化した支那系及びコスモポリタン系が優勢となる。厦門以北の支那大陸及び南部北太平洋区を除く本邦各地の分布様式はほぼ連続的に変化する。釜山及び Uladivostok を結ぶ日本海大陸沿岸は少し異つた分布をするが，いずれにしてもこの系統では北緯 27° 前後で生物学的緯度と地理学的緯度とが一致する。これ

* 黒潮系，大陸沿岸系の呼び方は宮地・黒田及び波部[12]によつた。

は松井[13]が東支那海のトロール網に入る底棲生物と底魚との関係を調査したとき，北緯27°前後では南方系のキホウボウ，クログチが特徴的な種類であるのに対して，北緯30°以北では北方系のキングチ，イシモチ等が優勢であつたこととよく一致する。

現在本邦近海に分布するウシノシタ類には分布の中心から直接黒潮によつて運ばれた熱帯太洋系の外に，同様に熱帯水域に起源を持ちながらも黒潮または大陸沿岸を北上して日本近海に達したコスモポリタン系がある。これら2つの系統は何れも直接の起源を熱帯水域に持つが，熱帯太洋種が本邦では南部北太平洋海域だけに分布し，それらの普遍度が小さいのに対して，コスモポリタン系にふくまれるもののなかには，南部太平洋の外日本海・中部太平洋にまで分布し，普遍度の比較的大きいものもある（シマウシノシタ，オオウシノシタ）。支那系には8種がふくまれ，とくにウシノシタ科では約半数がこれにふくまれる。これらのほか日本近海で分化したと思われる本土系3種が本邦近海に分布するが，これと前述の支那系の多くの種類はともに普遍度が非常に大きい。

分布の要因

このようなウシノシタ類の地理的分布を支配する要因にはいろいろのものがあるが，第1は水温であり，これにつぐものとして内湾または浅海性の海洋条件に対する適応性であると思われる。Kuronuma は日本産異体類の分布と年平均表面水温との間に密接な関係がある点を指摘した。温暖性のウシノシタ類では最低水温が制限因子となるものと思われる。Sverdrup, Johnson 及び Fleming[14] によつてしめされた2月の表面水温は（Fig. 1），南部北太平洋及び東支那海では 15°C 前後，日本海及び中部北太平洋では 10°C 前後，北部北太平洋では 0°～10°C である。また海南島，及び黒潮系で D・I が0となる北緯 22° では 20°C の等温線が，大陸沿岸系の同様の地点北緯 27° では 15°C の等温線がそれぞれ通る。さらに分布様式が相似性をしめす南北緯 20° にはさまれた海域は 25°C の等温線にかこまれる。

南方から移動した熱帯性種，亜熱帯性種は本邦近海に近づくと外洋から次第に内湾へ向つたものと思われる。この沿岸水域への適応性の増大が高緯度水域への分布の第一歩と思われる。若狭湾では春から夏にかけて僅かではあるがイワシ定置網によつて極めて沿岸からクロウシノシタ，シマウシノシタなどが漁獲されるが，秋冬の間は手繰船によつて冠島近傍からゲンコ，トビサウシノシタ，セトウシノシタなどが漁獲される。高知市御畳瀬での 10 月の調査では距岸 1000 m，水深 40 尋内外から，オオシタビラメ，ナンヨウウシノシタ，クロウシノシタ，アカシタビラメ，ササウシノシタ，シマウシノシタ及びツノウシノシタなどが，ネンブツダイ，ゴテンアナゴ，クロアナゴ，ネヅミゴチ及びヘラヌメリなどと共に，また，ゲンコ，トビサウシノシタ，ヒレグロゲンコなどは距岸3里，70 尋内外から，ホタルジヤコ，ヒメコダイ，ナツハリゴチ，マトウダイ，アネサゴチ，イゴダカホデリ，ヨメゴチなどと共にそれぞれ漁獲される。

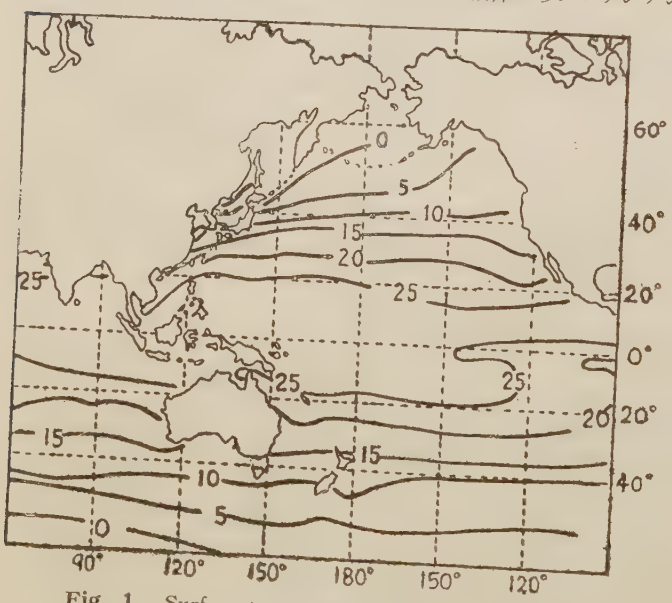


Fig. 1. Surface temperature of the oceans in February of northern hemisphere and August of the southern hemisphere (after Sverdrup, Johnson and Fleming, 1942).

このように，ウシノシタ類には極めて岸近くの比較的浅い海底に棲息するものと，沖合に棲息の中心を持

つものとがあるが，熱帯性種または亜熱帯性種は主として岸近くに棲息し，温帯性種はむしろ沖合に棲息の中心をもつ傾向がある。このことは熱帯または亜熱帯性種が本邦近海に達し更に北進するにあたつて，内湾への適応性を獲得することが，一つの重要な要件であることを示さしているものと思われる。

要　　約

1. 日本近海ウシノシタ類の分散の中心は印度—西部太平洋の熱帯水域であると思われる。

2. 分散の中心から本邦近海まで移動した系統的回游路には，黒潮によつて運ばれた黒潮系とアジヤ大陸沿岸を北上した大陸沿岸系とが考えられる。

3. ウシノシタ類の分布と2月の表面水温との間には密接な関係がみとめられる。分散の中心は 25°C 以上，分散の北限は本邦では 0°C であつて，20°C, 15°C, 10°C などの等温線は，それぞれ地理的区分の境界を形成する。

4. 本邦では，亜熱帯または熱帯性種は比較的沿岸に棲息し，温帯性種は沖合に棲息の中心を持つようである。

文　　献

1) Jordan, D.S. : "Fishes", D. Appleton and Co., New York (1925), pp. 1—xvi+1—773.
2) Schmidt, P. IU. : "Fishes of the Okhotsk Sea", Acad nauk SSSR, Trudy Tikhookeanskogo Komiteta Vl, Moscow (1950), pp. 1—370 (In Russian).
3) Walter, V. and R. Robins : Copeia, 1, 67—68 (1956).
4) Andriashev, A.P. : Leningrad State Univ., USSR, 1—187 (1939) (In Russian).
5) Hubbs, Clark : Stanford Ichth. Bull. **4**. 1—165 (1952).
6) Tarp, F.H. : California Fish and Game, Fish Bull., 88, 1—99 (1952)
7) 駒井　卓・高橋隆平共訳："遺伝学と種の起源"，培風館，東京 (1953), pp. 1—x+1—347.
8) Fraser-Brunner, A. : Proc. Zool. Soc. London, **118**, 1019—1106 (1949)
9) Briggs, J.C. : Proc. Calif. Zool. Club., 1, 57—108 (1951).
10) ———— : Stanford Ichth. Bull. **6**. 1—224 (1955).
11) Schmidt, J. : "Danish eel investigations during 25 years 1905—1930," Carlsberg Lab., Copenhagen (1932), pp. 1—16.
12) 宮地伝三郎・黒田徳米・波部忠重：生物科学，**5**, 145—148 (1954).
13) 松井　魁：日水会誌，**16**, 159—167 (1951).
14) Sverdrup, H.U, Johnson, M.W. and R.H. Fleming : The oceans. Their physic, chemistry and general biology", Prentice-Holl Inc., New York (1942), pp. 1—1060.

A Study of Visual Perception in Fish, Especially on Resolving Power and Accommodation*

Tamotsu TAMURA

(*Fisheries Institute, Faculty of Agriculture, Nagoya University, Anzyo, Aichi Prefecture, Japan*)

Contents

Introduction ····· 536
I Materials ····· 536
II Resolving Power of the Dioptric System ····· 537
(1) Cornea ····· 537
(2) Vitreous Humour ····· 538
(3) Crystalline Lens ····· 538
III Resolving Power of the Retina ···540
IV Accommodation ····· 547
V Visual Axis ····· 552
VI Binocular Visual Field ····· 555
Summary and Conclusion ····· 555
References ····· 556

Introduction

Any object in visual space may have a number of attributes, i.e., form, brightness, colour, motion, etc. Of these, form perception in fish is studied in the present paper. Very little comparative data on form perception is available, even though numerous anatomical and optical studies of the fish have been published.

Ability to perceive form depends on two factors : resolving power of the dioptric system, and resolving power of the retina. The first is a function of both the resolving power of the lens and accommodation. The second is presumably depend on the spacing of cones in the retina. In this paper, therefore, resolving power of the lens, dioptric accommodation, and retinal cone density are reported for 27 species representing 18 families (Table 1).

The visual fields of these species have also been described and compared in terms of binocular angle, visual axis, and topographical differences in cone density.

Much of the work with live fish during the course of this study was carried out at the Fisheries Laboratories on Shinmaiko and Ikawazu in Aichi Prefecture. The author is grateful to Emeritus Prof. Dr. I. AMEMIYA and Prof. Dr. Y. OSHIMA of Tokyo University and to Mr. C.P. O' CONNELL, fishery research biologist of South Pacific Fishery Investigations of U.S. Fish and Wildlife Service, for reading the manuscript and for their exceedingly helpful and constructive criticism.

I Materials

The 27 marine teleost species used in this study (Table 1) are supposed to rely heavily on vision in their mode of living. Most of them inhabit either the littoral zone or the

Received Oct. 4, 1956 (印刷費負担)
* Contribution from the Fisheries Institute, Faculty of Agriculture. Nagoya University. Series No. 10.

Table 1. The species used in this study

Family	Species
Argentinidae	*Argentina semifasciata* Kishinouye*
Chlorophthalmidae	*Chlorophthalmus albatrossis* Jordan et Starks*
Zeidae	*Zenion japonicum* Kamohara*
Scombridae	*Scomber japonicus* Houttuyn
Carangidae	*Seriola quinqueradiata* Temminck et Schlegel *Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel)
Leiognathidae	*Leiogeathus argenteus* Lancépède
Apogonidae	*Apogon lineatus* (Temminck et Schlegel)
Priacanthidae	*Priacanthus boops* (Schneider)
Serranidae	*Epinephelus septemfasciatus* (Thunberg) *E. chlorostigma* (Cuvier et Valenciennes) *Latenlabrax japonicus* (Cuvier et Valenciennes) *Malakichthys wakiyae* Jordan et Hubbs
Girellidae	*Girella punctata* Gray
Sparidae	*Pagrosomus major* (Temminck et Schlegel) *Sparus hasta* Bloch et Schneider *S. swinhonis* Günther *Evynnis japonicus* Tanaka
Theraponidae	*Therapon oxyrhynchus* Temminck et Schlegel
Hepatidae	*Xesurus scalprum* Jordan et Fowler
Monocanthidae	*Cantherines modestus* (Günther)
Tetraodontidae	*Sphaeroides chrysops* (Hilgendorf) *S. niphnbles* Jordan et Snyder
Scorpaenidae	*Sebastiscus marmoratus* (Cuvier et Valenciennes) *Helicolenus dactylopterus* (De La Roche)*
Cottidae	*Pseudoblennius totomius* Jordan et Starks
Triglidae	*Chelidonichthys kumu* (Lesson et Garnot)

surface waters of the ocean where there is abundant light. Those marked with asterisks, however, are species with large eyes that are sometimes taken at depths of 100 to 300 meters by deep-sea drag nets.

II Resolving Power of the Dioptric System

Incident light from an object passes through the cornea, anterior chamber, lens and vitreous humour, in that order, to from an image on the retina. The sharpness of this image, which depends on certain properties of the above-named structures, is a measure of the resolving power of the dioptric system. The function of each of these structures will be discussed below.

(1) Cornea

The cornea of the fish eye is typically a convex, transparent membrane, shaped like the bowl of a teaspoon, the horizontal curvature usually being greater than the vertical curvature (Table 2). According to WALLS (1942) this dual curvature is an adaptation of streamling to swift swimming. It does not produce astigmatism, however, because the refractive index of fish-eye cornea is 1.3770 to 1.3775 (MATTHIESSEN 1882, YAMAMOTO 1931), very close to that of water, 1.33, and because the refractive index of anterior chamber is almost equal to that of water.

Table 2. Curvature of cornea in fish

Species	Body length (cm)	Diameter of lens (mm)	Radius of curvature (mm)	
			Horizontal	Vertical
Pagrosomus major	19	6.8	13.2	8.8
Lateolabrax japonicus	17	6.2	11.0	6.4
Therapon oxyrhynchus	19.5	6.3	10.1	6.5
Priacanthus boops	20	12.2	17.0	16.0
Parapristipoma trilineatum L. eye	10	4.5	7.1	4.1
Parapristipoma trilineatum R. eye	10	4.5	8.2	4.9
Sebastiscus marmoratus	11	4.4	5.6	3.8
Sebastodes inermis	5.5	2.8	4.1	4.0
Carassius auratus	17	4.9	7.1	4.7

According to HARMS (1914), some demersal fishes have a protective membrane over the cornea, but these, as well as the adipose lids of such fishes as *Mugil* and *Scomber*, are optically similar to the cornea and consequently also optically inert.

(2) Vitreous humour

The vitreous humour, generally continuous in the posterior and anterior chamber of the fish eye through the aphakic space, also has a refractive index close to that of water, and again plays no part in vision.

(3) Crystalline lens

The lens is the only dioptric element of the eye, then, that is involved in image formation. Since the lens is spherical and surrounded by media of essentially one refractive index, the principal points and nodal points coincide with the center of the lens. According to MATTHIESSEN (1882) and HOGBEN & LANDGREBE (1940), the optical density is much higher at the center than the periphery of the lens. This graded structure may well serve to reduce spherical aberration and hence improve resolving power.

Resolving power was measured in the following way. The enucleated lens was immersed in physiological salt solution* by attaching its suspensory ligament to a small clip over a transparent container (Fig. 1). A well illuminated movable screen with black and white stripes both of which were one millimeter and drawn horizontally and vertically, was placed on one side of the container and a horizontal microscope on the opposite side. The image of the screen projected by the lens could then be viewed through the microscope. The distance between the screen and the lens just to be unable to make out the horizontal and ver-

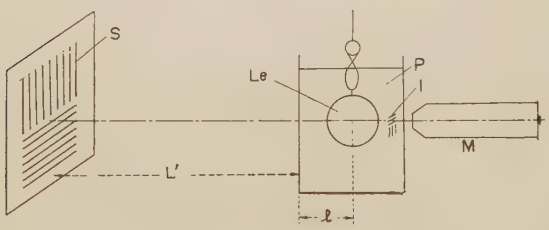


Fig. 1. The method of measuring the resolving power of the lens. Le : Lens, M : Microscope, S : 1 mm stripes, P : Physiological salt solution, I : Image of the 1 mm stripes.

* According to YAMAMOTO (1949), in marine fish, NaCl 1.35 %, KCl 0.06 %, $CaCl_2$ 0.025 %, $MgCl_2$ 0.035 %, $NaHCO_3$ 0.002 % ; in fresh water fish, NaCl 0.75 %, KCl 0.02 %, $CaCl_2$ 0.02 %, $NaHCO_3$ 0.002 %.

Table 3. Resolving power of lenses

Species	Diameter of lens (mm.)	L (mm.)	Resolving power φ (sec.)
Lateolvbrax japonicus	8.1	3700	56
Xesurus scalprum	7.5	3800	54
Epinephelus septemfasciatus	7.3	3500	59
Sebastiscus marmoratus	6.2	3500	59
Cyprinus carpio	5.4	2400	86
Lateolabrax japonicus	4.8	2400	86
Epinephelus septemfasciatus	4.7	2300	90
Gold fish	1.7	1700	122
Gold fish	1.6	1700	122
Carassius auratus	1.5	1600	129

tical stripes of the image could be ascertained by changing the distance L'. The distance in water would be

$$L=1.33\,L'+l$$

where L is the distance between the object and the lens if this whole experiment were carried out in the water, 1.33 the refractive index of water, L' the distance from the chamber to the screen, l the distance from the chamber wall to the center of the lens. The value of 1(mm)/L(mm)$=\varphi$ is the resolving power (angle in radians) of the lens. In Table 3, the values (φ) are shown in second of arc.

In ten fishes, the measured values of resolving power range from 54 to 129 seconds of arc, and they seem to have a tendency to become greater in smaller lens. This tendency may partly be attributed to the measuring instrument and the physical property of the light. The factors which affect the values are assumed to be three : the first is a function of the properties of the lens, *i.e.*, the aberrations and the turbidity, the second is the resolving power of the used microscope, and the third is the diffraction of light at the margin of the pupil or the lens. With a large lens the latter two factors are negligible and the measured value is the function of the lens itself ; however, with a small lens both factors become too great to be neglected. For example, the image of a one-millimeter stripe projected by a lens 1.5 mm in diameter (*Cararsius*) is

$$I=l\times\frac{F}{L}=\frac{1.91}{1600}=0.0012\text{ mm}$$

where I is the image in millimeters, l is the width of the stripe, L is the distance between the object and the lens, and F is the focal distance of the lens as calculated by Matthiessen's ratio, *i.e.*, $F=2.55\times$(lens radius). It can readily be seen that the resultant 0.0012 mm is only slightly greater than the resolving power of the microscope used, which is

$$d=\frac{\lambda}{2a}=\frac{0.00056}{0.50}=0.0011\text{ mm}$$

where d is resolving power, λ is the wave-length of light and a is the numerical aperture of the microscope.

Furthermore, the light diffracted at the margin of the pupil whose diameter is the same, or nearly the same, as that of the lens becomes significant enough to effect the resolving power of the lens. Resolving power resulting from such marginal diffraction is as follows for *Carassius* in Table 3 :

$$\theta = 0.61 \times \frac{\lambda}{r} = 0.61 \times \frac{0.00056}{0.75} = 94''$$

where θ is the resolving power resulted from marginal diffraction, 0.61 is the physical constant, λ is the wave-length of light, and r is the radius of the pupil. The resultant value, 94 seconds, is only a little less than the measured value of 129 seconds.

Considering the above, the resolving power of lenses of diameter greater than about 5 mm is 54-90 seconds. In smaller lenses, it may be assumed to be less than about 120 —130 seconds, though some complications occur in respect to the resolving power of the used microscope and the diffraction of light at the margin of the pupil.

It must be pointed out that the lenses may have greater resolving power *in vivo*, because they do tend to become turbid while being measured, even though they are in physiological salt solution.

III Resolving power of the retina

The structural basis of resolving power in the retina is the spacing of the cones and the extent to which their conducting neurons are summated. POLYAK (1948) has demonstrated that cones in the primate fovea are not summated. Each has a direct nerve tract to the brain. Although very little is known about summation in the teleost retina, it will be assumed, in this report, that cones are not summated.

In fishes, as in all other vertebrate groups, there are two kinds of photoreceptors : rods and cones. Their presence has given rise to the duplicity theory of function. Rods have a low threshold of sensitivity and low acuity. Cones have a high threshold of sensitivity and good acuity. As VON FRISCH (1925) and WUNDER (1936) point out, the Duplicity Theory is valid for fishes. Though cones in human retina have a sensitivity threshold of 0.03 to 0.1 lux, BRUNNER (1934) has shown that cones in the retina of *Phoxinus* have a threshold of 0.002 to 0.008 lux.

In view of these works, it is obvious that only the cones are pertinent to an investigation of form perception in fishes.

YAMANOUCHI (1940) measured the density of cones in five regions of the retina of *Microcanthus strigatus* and obtained the highest density in the temporal region (Table 4).

KAHMANN (1934, 1936) described the fovea centralis in certain fishes and showed that it is most often located in the temporal region (*Serranus*, *Julis* and *Blennius*). According to MÜLLER (1952) the various regions of the retina in the guppy (*Lebistes reticulatus*)

Table 4. Number of cones in 0.1 mm square in various regions of retina in *Microcanthus strigatus*

Retinal regions	Temporal	Dorsal	Nasal	Ventral	Bottom
No. of cones	155	77	114	97	139

After YAMANOUCHI (1940)

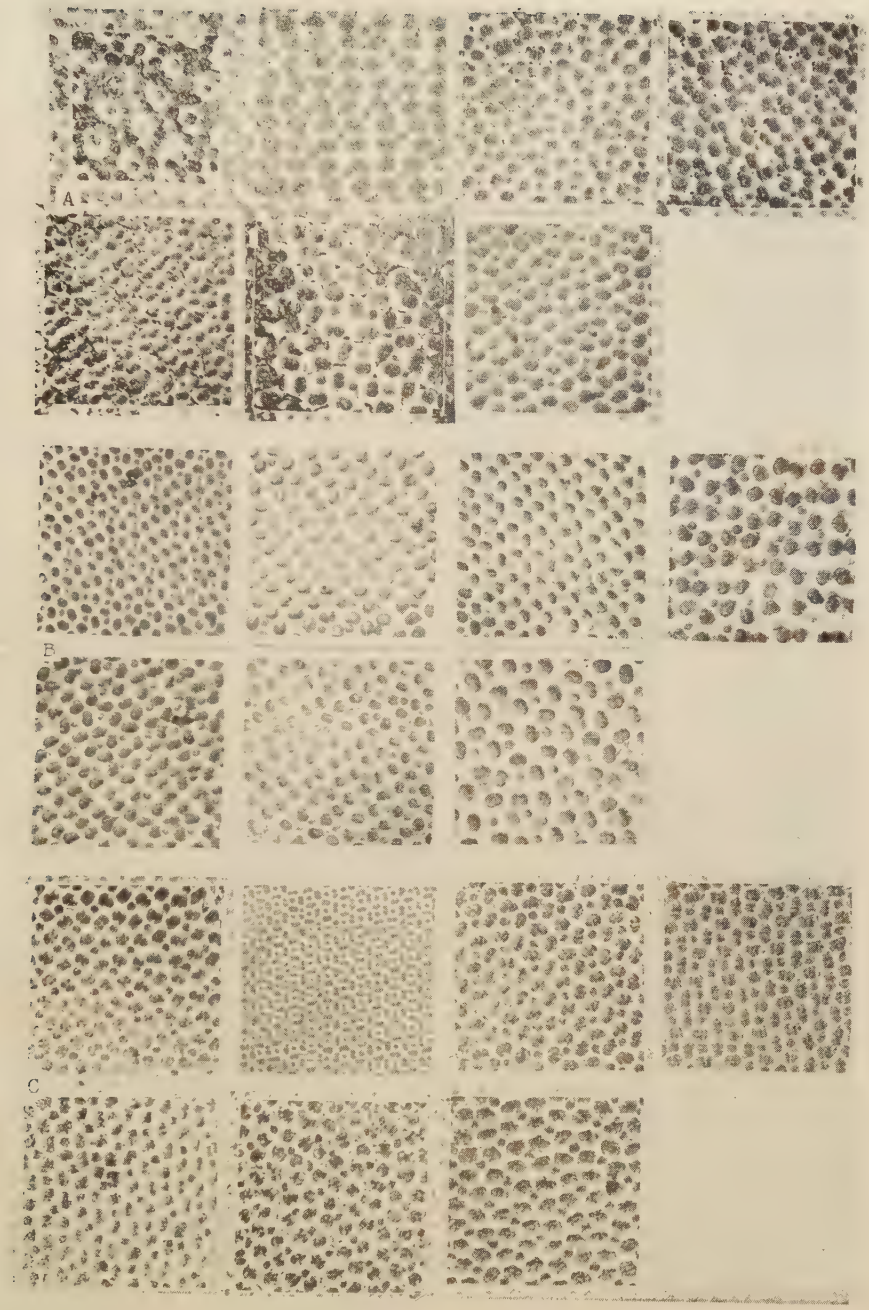


Fig. 3. Microphotograph showing the density of cones. All the squares in the photographs except the upper left one are 0.1 mm square ; the upper left one is 0.03 mm square,

A. *Epinephelus chlorostigma* ; from left to right, upper row ; temporal, dorso-temporal, ventro-temporal and dorsal, lower row ; nasal, ventral and bottom.

B. *Lateolabrax japonicus* ; the same order.

C. *Sparus hasta* ; the same order.

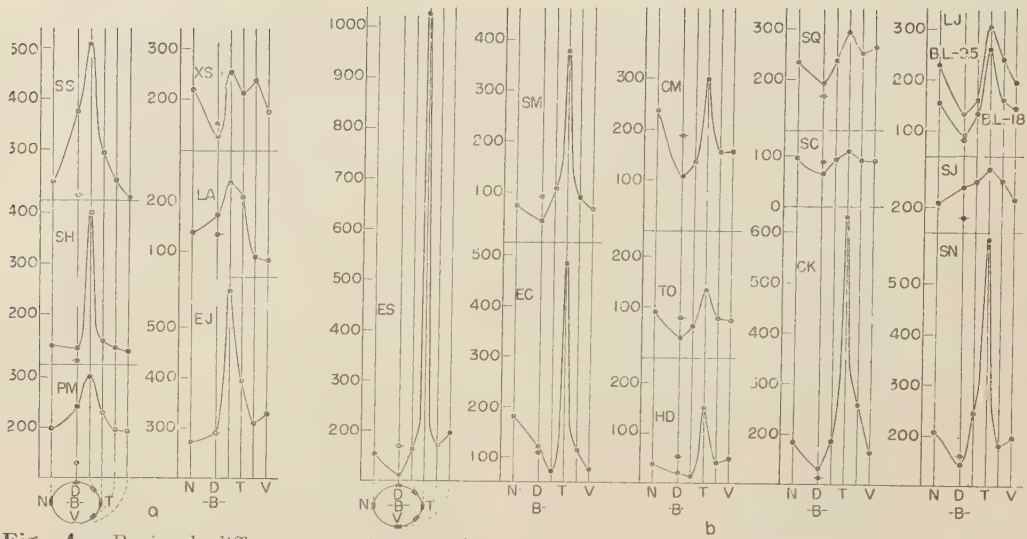


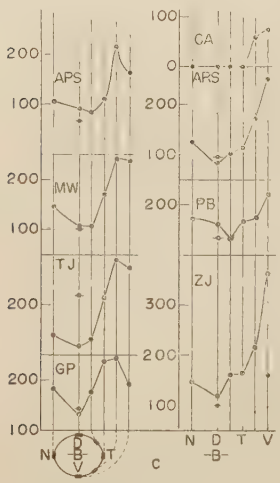
Fig. 4. Regional differences in the cone density.

a. In the fishes which show the maximum density in the dorso-temporal.

SS : *Sparus swinhonis*, XS : *Xesurus scalprum*, SH : *S. hasta*, LA : *Leiognatus argenteus*, PM : *Pagrosomus major*, EJ : *Evynnis japonicus*.

b. In the fishes which show the maximum density in the temporal.

ES : *Epinephelus septemfrasciatus*, SQ : *Seriola quinqueradiata*, SM : *Sebastiscus marmoratus*, SC : *Sphaeroides chrysops*, EC : *Epinephelus chlorostigma*, CK : *Chelidonichthys kumu*, CM : *Cantherines modestus*, LJ : *Lateolabrax japonicus*, TO : *Therapon oxyrhynchus*, SJ : *Scomber japonicus*, HD : *Helicolenus dactylopterus*, SN : *Sphaeroides niphobles*



c. In the fishes which show the maximum density in the ventro-temporal or ventral.

APS : *Apogon lineatus*, CA : *Chlorophtalmus albatrossis*, MW : *Malakichthys wakiyae*, ARS : *Argentina semifasciata*, TJ : *Trachurus japonicus*, PB : *Priacanthus boops*, GP : *Girella punctata*, ZJ : *Zenion japonicum*,

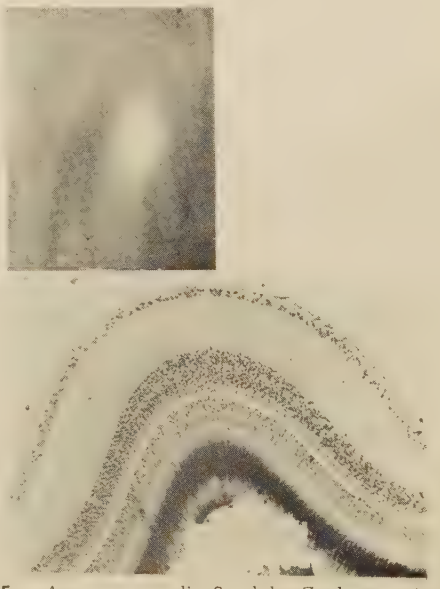


Fig. 5. Area temporalis fixed by Zenker's solution.

Upper ; the external appearance of the area in *Sebastiscus marmoartus* (×30).

Lower ; the cross section of the area in *Epinephelus septemfasciatus* (×90).

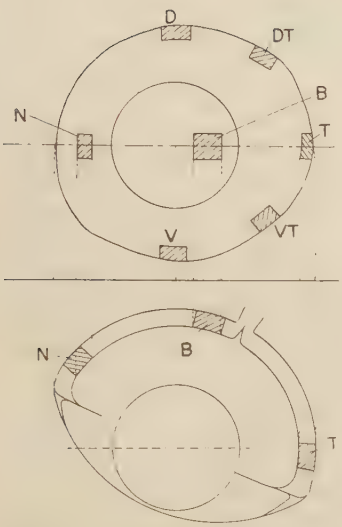


Fig. 2. Schema showing the seven regions in the retina.
T : Temporal, DT : Dorso-temporal, VT : Ventro-temporal, D : Dorsal, N : Nasal, V. : Ventral, B : Bottom.

can be distinguished by the form and size of cones as well as their density. He further pointed out such regional differences are adapted to the part of visual field that they serve, and remain constant even though new cells are continually being added from the margin of the retina during the developmental stage.

Since cone density, which is an index of resolving power, varies over the retina, the retinas of all the fishes examined in this study were studied topographically.

Method : Eyes were enucleated and fixed in Zenker's solution for 24 hours after removing a small part of the cornea. Each retina was then divided into the following seven regions : temporal, dorso-temporal, ventro-temporal, dorsal, nasal, ventral and bottom (Fig. 2). After routine paraffin imbedding, tangential sections were cut. The cones in 0.1 mm squares of each region were then counted in photomicrographs (Fig. 3). Since twin and single cones may be present in the teleost retina (WUNDER 1936, TAKATSUZI 1939), they were counted separately when they occurred in the species examined.

Fixation and imbedding produced some shrinkage in the retina. According to PATTEN and PHILPOTT (1921), the shrinkage was estimated to be 25 % in the pig embryo. Assuming it to be the same in the fish retina, counts were corrected accordingly.

Results : Cone densities by regions are shown in Table 5 and Fig. 4, which are divided into three parts. Part **a** shows the species that have the maximum density in the dorso-temporal region. Part **b** shows the species with the greatest density in the temporal region, and part **c** shows the species with the greatest density in the ventro-temporal or ventral region.

The focal distances given were calculated from MATTHIESSEN's ratio. The "minimum separable angle" was calculated on the assumption that image lines can only be resolved when they fall on cones separated by at least one unstimulated cone. It is

$$\alpha=\frac{1}{F}\left(\frac{0.1(1+0.25)}{\sqrt{n}}\times 2\right)\text{ (Angle in radians)}$$

where F is the focal distance of the lens, 0.25 is the degree of shrinkage, and n is the maximum number of cones per 0.1 mm square in one retina and it includes both single and twin cones, although singles and twins, perhaps, play rather different roles in resolution.

The minimum separable angle, which varies from 4.2 minutes in *E. septemfasciatus* to 15.4 minutes in *C. albatrossis*, is obviously more than the resolving power of the lens (Table 3). It may be concluded, therefore, that resolving power is a function of the retina rather than the lens.

When species are compared by the depths at which they live, it is evident that there

Table 5. The numbers of cones in 0.1 mm square in various regions of retinae

a. In the fish which have the largest number of cones in the dorso-temporal region

Species (Body length in cm)	Kinds of cones	Retinal regions: Temporal	Dorso-temporal	Ventro-temporal	Dorsal	Nasal	Ventral	Bottom	Focal distance of lens (mm)	Minimum separable angle (minute)
Pagrosomus major (20)	Twin	151	202	127	160	133	126	88	7.7	6.4
	Single	75	101	68	80	66	65	42		
	Total	226	**303**	195	240	199	191	130		
Sparus hasta (18)	Twin	97	263	90	90	92	84	72	6.9	6.2
	Single	50	137	44	42	46	42	37		
	Total	147	**400**	134	132	138	126	109		
Sparus swinhonis (12)	Twin	200	340	159	253	157	135	141	5.1	6.9
	Single	94	169	83	126	79	69	69		
	Total	294	**509**	242	379	236	204	210		
Evynnis japonicus (13)	Twin	264	380	207	193	182	226	195	5.3	6.8
	Single	129	190	103	98	91	113	95		
	Total	393	**570**	310	291	273	339	290		
Leiognathus argenteus (9.5)	Twin	148	157	57	97	99	56	94	4.8	11.6
	Single	61	79	31	75	41	27	40		
	Total	209	**236**	88	172	140	83	134		
Xesurus scalprum (14)	Twin	141	168	156	86	144	115	101	6.4	8.5
	Single	71	84	80	43	74	60	50		
	Total	212	**252**	236	129	218	175	151		

b. In the fish which have the largest number of cones in the temporal region

Species (Body length in cm)	Kinds of cones	Retinal regions: Temporal	Dorso-temporal	Ventro-temporal	Dorsal	Nasal	Ventral	Bottom	Focal distance of lens (mm)	Minimum separable angle (minute)
Epinephelus septemfasciatus (14)	Twin	700	132	126	83	176	139	116	6.3	4.2
	Single	350	32	46	27	77	58	54		
	Total	**1050**	164	172	110	253	197	170		
Epinephelus chlorostigma (16)	Twin	320	55	78	86	125	52	82	6.4	6.1
	Single	165	17	37	37	57	25	29		
	Total	**485**	72	115	123	182	77	111		
Sebastiscus marmoratus (18)	Twin	300	73	60	34	59	58	60	6.6	6.7
	Single	80	32	30	8	15	11	30		
	Total	**380**	105	90	42	74	69	90		
Helicolenus dactylopterus (17)	Twin	150	16	43	20	39	49	30	6.6	10.6
	Single	0	0	0	0	0	0	0		
	Total	**150**	16	43	20	39	49	30		
Therapon oxyrhynchus (20)	Twin	88	42	55	30	65	52	53	7.7	9.7
	Single	45	19	22	10	28	22	26		
	Total	**133**	61	77	40	93	74	79		
Cantherines modestus (28)	Twin	197	87	104	74	161	104	125	7.7	6.4
	Single	102	50	52	34	78	53	64		
	Total	**299**	137	156	108	239	157	189		

Chelidonichthys kumu (14)	Twin	420	124	172	85	125	105	78	5.0	6.8
	Single	210	62	87	46	60	59	37		
	Total	**630**	186	259	131	185	164	115		
Sphaeroides niphobles (13.5)	Twin	390	160	119	96	138	129	108	5.1	7.0
	Single	195	83	60	47	69	67	52		
	Total	**585**	243	179	143	207	196	160		
Sphaeroides chrysops (17)	Twin	72	60	60	42	65	56	61	5.8	14.3
	Single	35	31	30	22	31	32	28		
	Total	**107**	91	90	64	96	88	89		
Seriola quinqueradiata (17)	Twin	195	156	164	127	154	175	111	5.8	8.7
	Single	97	81	87	66	79	89	57		
	Total	**292**	237	251	193	233	264	168		
Lateolabrax japonicus (18)	Twin	181	89	106	62	104	98	55	6.3	8.5
	Single	78	43	52	28	50	44	27		
	Total	**259**	132	158	90	154	142	82		
" (9.5)	Twin	202	105	161	89	153	128	88	4.2	11.7
	Single	100	53	80	44	77	65	45		
	Total	**302**	158	241	133	230	193	133		
Scomber japonicus (17)	Twin	178	125	159	130	154	146	120	6.9	7.5
	Single	96	124	91	106	55	68	58		
	Total	**274**	249	250	236	209	214	178		

Table 5.

c. In the fish which have the largest number of cones in the ventro-temporal or ventral region

Species (Body length in cm)	Kinds of cones	Retinal regions							Focal distance of lens (mm)	Minimum separable angle (minute)
		Temporal	Dorso-temporal	Ventro-temporal	Dorsal	Nasal	Ventral	Bottom		
Girella punciaia (30)	Twin	151	114	162	83	120	126	96	7.1	7.8
	Single	86	61	82	49	63	65	47		
	Total	**237**	175	**244**	132	183	191	143		
Trachurus japonicus (13)	Twin	141	87	190	77	92	182	145	5.9	8.6
	Single	71	43	98	40	46	90	74		
	Total	212	130	**288**	117	138	272	219		
Malakichthys wakiyae (9)	Twin	166	107	242	108	145	237	105	7.0	7.9
	Single	0	0	0	0	0	0	0		
	Total	166	107	**242**	108	145	237	105		
Apogon lineatus (8)	Twin	96	76	200	79	96	153	56	4.1	14.3
	Single	13	8	15	13	12	10	11		
	Total	109	84	**215**	92	108	163	67		
Zenion japonicum (7)	Twin	163	161	215	119	148	361	100	7.0	6.5
	Single	0	0	0	0	0	0	0		
	Total	163	161	215	119	148	**361**	100		
Priacanthus boops (15)	Twin	112	96	104	118	118	170	94	10.0	5.8
	Single	53	41	68	44	53	50	39		
	Total	165	137	172	162	171	**220**	133		
Argentina semifasciata (16)	Twin	114	103	170	84	123	251	93	5.9	9.2
	Single	0	0	0	0	0	0	0		
	Total	114	103	170	84	123	**251**	93		
Chlorophthalmus albatrossis (13)	Twin	0	0	58	0	0	72	0	6.6	15.4
	Single	0	0	0	0	0	0	0		
	Total	0	0	58	0	0	**72**	0		

is a relationship between depth and the relative abundance of twin and single cones. *Scomber*, which lives very close to the surface, has almost equal numbers of twin and

single cones in the dorso-temporal region of retina. Most of the other species examined live rather near the surface and have half as many single as twin cones. However, *Helicolenus*, *Malakichthys*, *Zenion*, *Argentina* and *Chlorophthalmus*, which were caught at depths of 100 to 300 meters, did not have single cones, and did have well developed tapeta lucida. *Chlorophthalmus*, furthermore, had twin cones only in the ventral and ventro-temporal regions. It usually inhabits depths greater than 300 meters.

The above relationship indicates that twin cones are more sensitive to light than single cones, and there are definite physiological and ecological differences between them. It has also been shown (Table 5 and Fig. 4) that cone density varies by region over the retina. The relationship between the different regions and the portions of the optical field they subtend will be discussed under Visual axis.

Visual acuity depends on the size of the retinal image and the cone density. The greater the number of cones over which the image is spread, the better the resolution. If cone density is constant throughout life, resolving power would increase as the lens grows. However, from MÜLLER's work on the guppy and the present data on *Lateolabrax* (Table 5 b and Fig. 4 b), cone density is higher in the younger stages. Consequently, lens size is at least partly compensated for by cone density.

Nothing resembling the fovea centralis or lateralis described by KAHMANN (1934, 1936) was found in the species listed in Table 5. However, in the bright adapted retinas of certain Japanese Serranids (*E. septemfasciatus*, *E. chlorostigma*) and Scorpaenids (*S. marmoratus* and *H. dactylopterus*) a small elevation possibly representing an area temporalis was found (Fig. 5). These specimens were fixed in Zenker's solution, as were all other preparations. Both twin and single cones occurred in this area. But since no such elevation could be found in either fresh or dark adapted eyes fixed in Zenker's solution, and because the pigment layer was separated from the chorioid layer at this point (Fig. 5), it is strongly suspected to be an artifact.

Thus most fish have an area at least somewhat specialized for more acute vision, even though true areae and foveae may be absent. Although the extent of this specialization may be judged from Fig. 4, a more comparable index is the ratio of cone density in the highest region to the average cone density of the rest of the retina (Table 6). Table 6 shows that five demersal and somewhat sedentary species (*Chlorophthalmus*, two species of *Epinephelus*, *Sebastiscus* and *Helicolenus*) have the highest degree of specialization, and that two of them, *Chlorophthalmus* and *Helicolenus* have relatively great regional specialization in spite of the fact that they live at the depths greater than 100 meters where light is scarce. It should also be noted that these two have large separable angles. The lower degree of specialization in *Scomber* and *Seriola* can almost certainly be attributed to the fact that they are pelagic and therefore probably find good periscopy advantageous. No explanation can be given for the rather striking difference between *S. niphobles* and *S. chrysops*, because very little is known of their behaviour

According to BRUNNER (1934) and YAMANOUCHI (1940), the least separable visual angle in *Phoxinus* and *Microcanthus* approximates the angle subtended by one cone, suggesting that there are separate conductive paths from each cone to the higher centers in the

Table 6. The degree of specialization of the area

Species	Degree of specialization	Minimum separable angle (minute)
✕ *Scomber japonicus*	1.21	7.5
Sphaeroides chrysops	1.24	14.3
Seriola quinqueradiata	1.25	8.7
Xesurus scalprum	1.35	8.5
Girella punctata	1.38	7.8
Priacanthus boops	1.40	5.8
Pagrosomus major	1.54	6.4
✕ *Trachurus japonicus*	1.59	8.6
Lateolabrax japonicus Body length 9.5 cm	1.66	11.7
Malakichthys wakiyae	1.67	7.9
Evynnis japonicus	1.70	6.8
Leiognathus argenteus	1.72	11.6
Cantherines modestus	1.82	6.4
Therapon oxyrhynchus	1.88	9.7
Sparus swinhonis	1.95	6.9
Lateolabrax japonicus Body length 17 cm	2.05	8.7
Apogon lineatus	2.07	14.3
Argentina semifasciata	2.20	9.2
Zenion japonicum	2.39	6.5
Sparus hasta	3.05	6.2
Sphaeroides niphobles	3.11	7.0
Chelidonichthys kumu	3.63	6.8
Epinephelus chlorostigma	4.19	6.1
Helicolenus dactylopterus	4.58	10.6
Sebastiscus marmoratus	4.86	6.7
Epinephelus septemfasciatus	6.52	4.2
Chlorophthalmus albatrossis	7.46	15.4

brain as is the case in primates. This can only be ascertained by further neuroanatomical investigation.

Ⅳ Accommodation

Beer (1894), in his thorough investigation of accommodation in the fish eye, showed that fish eyes are myopic in the resting state, and that accommodation to distant objects is accomplished by retraction of the lens towards the retina. Retraction is effected by the musculus retractor lentis (Campanula Halleri). Beer's views have been confirmed by the work of Hess (1912), Meader (1936), and Yamamoto (1931).

In the present study, accommodation has been measured in 13 marine teleosts. The method employed differed somewhat from Beer's, and has produced additional information.

Method : Fishes, generally speaking, have monocular visual fields of approximately 180°, due in part to the lateral location of the eyes and in part to the spherical lens that produces beyond the pupil. Anteriorly, the monocular fields overlap to a greater or lesser extent, forming a binocular field. The functional importance of the binocular field in fish has been demonstrated by Herter's experiments on binocular vision (1930).

In the present study, refraction was measured from six points in the visual field : fore, upper-fore, lower-fore, upper, lower, and lateral (Fig. 6). In most cases, the fore and upper-fore or lower-fore fell within the binocular field, a further indication of

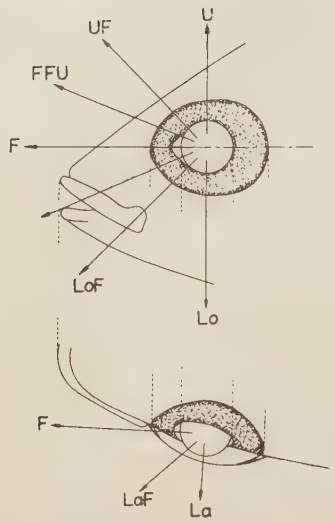


Fig. 6. Labeling of visual directions. U : Upper, UF : Upper-fore, FFU : Fore-fore-Upper, F : Fore, LoF : Lower-fore, Lo : Lower, La : Lateral, LaF : Lateral-fore.

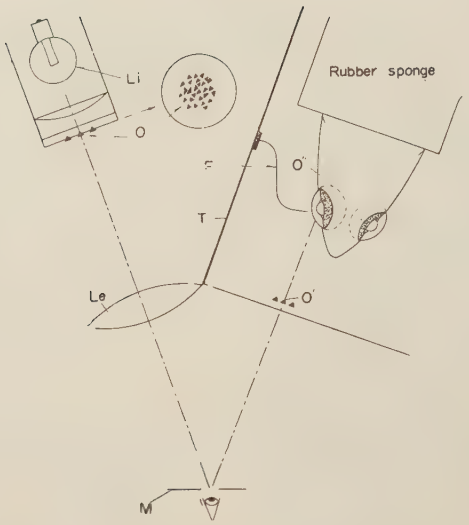


Fig. 7. Schema showing the method of measuring the refraction of fish eye. Explanation in the text.

the functional importance of this zone in view of the fact that these portions of the visual field are served by the temporal regions of the retina, where cone density is highest.

Refraction was measured with an instrument similar to the refractometer used for human eyes. In Fig. 7, which illustrates the refractometer used, 0 is a pattern of black triangles of about 2 millimeters mounted in front of the lamp. Le is a convex lens with a focal distance of about 35 cm. M is a mirror with a small hole in the center, and T is a tank of sea water with one glass wall. The specimen under examination was fixed rigidly in the tank between two pieces of rubber sponge.

Measurement were made in the dark in the following manner. The pattern 0 was reflected into the eye and brought to maximum focus there as viewed by the observer through the hole in the mirror. This was accomplished by moving the lamp with the pattern mounted on it. Then, 0′ is the real image of 0, formed by the lens (Le) and reflected by the mirror (M). The plane of 0′ was ascertained by a movable white screen placed in the tank, and the distance between it and the center of the lens of the fish was measured. The method of the measurement was as follows : after the maximum focus was brought and the supposed position of the center of the lens was pointed by the tip of the flexible fuse (F), the fish was removed, and then the position of 0′ was ascertained by the white screen. The distance from the tip of the fuse to the screen was measured along the light direction by a pair of dividers or a rule.

When 0′ was in front of the eye, as in Fig. 7, the eye was myopic, when behind, the eye was hypermetropic. When 0′ was very far either in front of or behind the fish eye, it was emmetropic or nearly so, but it was not possible to see 0″ under this condition. Consequently, an auxiliary concave lens was placed in front of the eye for the measurement, and its effect later subtracted.

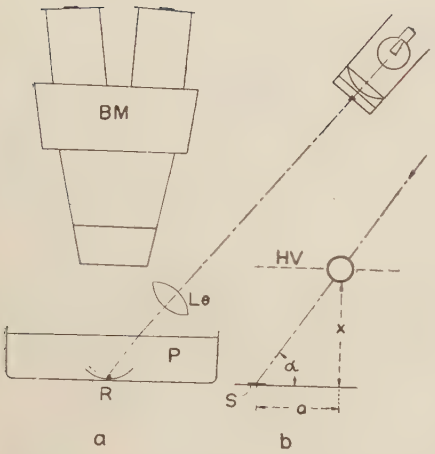


Fig. 8. a. R : Piece of retina, P : Physiological salt solution, Le : Convex lens (focal distance 24 mm), BM : Binocular-microscope.
b. HV : Hyaloid vessel, S : Shadow of HV.

The assumption is made, in this method, that the image 0″ is focused on the photosensitive layer of the retina. If 0″ was focused some other level of the retina, considerable corrections would be necessary in view of the relative thickness of the fish retina and the short focal distance of the lens. The validity of this assumption was determined in the following way. A small piece of living retina was excised from *Carassius auratus* and placed in physiological salt solution. The triangular pattern was focused on it, as shown in Fig. 8, then examined under a binocular microscope. The image was obviously formed beyond the inner limiting membrane, which is readily identified by the presence of hyaloid or vitreal vessels distributed over its surface.

The distance, x, between the hyaloid vessels and the plane of focus was determined by simple triangulation (Fig. 8 b),

$$x = a \times \tan \alpha = 0.19 \times \tan 38° = 0.15 \text{ mm}$$

where a is the horizontal distance between the hyaloid vessel and its shadow on the plane of focus, and tan α is the incident angle of illumination source. The piece of retina was then fixed in Zenker's solution and sectioned. Direct measurement of the sectioned material showed the inner limiting membrane and the photosensitive layer of the retina to be 0.13 mm apart. Correction for shrinkage shows that this measurement agrees almost perfectly with the 0.15 mm obtained by triangulation.

$$0.13 \times (1 + 0.25) = 0.16 \text{ mm}$$

Thus it is safe to assume the image 0″ in Fig. 7 is formed on the photosensitive layer of the retina.

At least two sets of refraction measurements were obtained for each species : one without treatment (pre-treatment) the other one or more of the five treatments (post-treatment). These were (1) severing the optic nerve from inside the mouth, (2) killing by laceration of the heart, (3) intramuscular injection of 0.5 cc of 1 % atropine solution, (4) injection of 1 cc of Amelizol, containing 3 mg of d-tubocurarine chloride and 5 mg of chlorobutanol, (5) injection of 0.5 cc of a 1 % aqueous solution of curare (d-tubocurarine chloride). The last two were included in order to test BEER's data, since he used curare as the anaesthetic. Severing the optic nerve was effective immediately, while the injections were not effective for 10 or 15 minutes.

Results : Refraction values for thirteen species are given in diopter units in Table 7 a, b, c. Hypermetropia is indicated by +, myopia by −, and emmetropia by 0. Error of measurement may be about ± 1 diopter.

Table 7 shows that all eyes were hypermetropic or emmetropic in pre-treatment, only becoming myopic in certain directions after treatment. Incidentally, no differences were

Table 7. The values of the refraction (Diopter)

a. In the fishes which show the highest myopia in the lower-fore direction

Species (Body length cm) \ Direction	Pre-treatment						Post-treatment						Method of treatmeet
	Fore	Lateral	Upper-fore	Upper	Lower-fore	Lower	Fore	Lateral	Upper-fore	Upper	Lower-fore	Lower	
Pagrosomus major (18)	+1.7	+2.5	+2.0	+5.0	+1.3	0	−5.9	+2.0	+4.0	+2.0	−11	−6.3	At
〃 (7)	+7.7	+7.1	+10				−15	+10	+2.5	+8.3	−22	+6.7	At
Mean	+4.7	+4.8	+6.0	+5.0	+1.3	0	−10.5	+6.0	+6.3	+5.2	−16.5	+0.2	
Sparus hasta (16.5)	+1.3	0	+2.0	+2.1	+2.9	+3.2	−7.7	+1.3	−5.0	+11	−13	−10	S
〃 (16)	0	+1.3	+1.8	+1.8	+0.9	+0.9	−13	+4.2	+2.0	+17	−13	−6.7	S
〃 (16)	+1.4						−13	+3.1		+9.1	−13	−10	K
Mean	+0.9	+0.7	+1.9	+2.0	+1.9	+2.1	−11.2	+2.9	−1.5	+12.6	−13	−8.9	
Evynnis japonicus (10)	+5.3	+3.9	+4.8	+5.3	+4.8	+4.3	−8.3	+6.7	+1.7	+7.7	−14	+3.1	S
〃 (10) L. eye	+4.3	+6.3	+6.3	+7.2	+3.9	+3.7	−13	+5.9	−5.6	+7.2	−13	+2.9	S
R. eye	+3.0	+4.0	+5.6	+5.9	+5.0	+5.3	−13	+5.9	−4.3	+7.7	−14	−5.6	S
〃 (10)	+2.2	+2.5	+2.5	+2.5	+0.8	0	−13	+2.2	−7.7	+5.9	−11	+1.6	S
Mean	+3.7	+4.2	+4.8	+5.2	+3.6	+3.3	−11.8	+5.2	−4.0	+7.1	−13	+0.5	
Leiognathus argenteus (9.5)	+4.2	+6.7	+5.0	+10	+2.9	+2.1	−14	+10	−5.0	+8.3	−14	−14	S
Xesurus scalprum (14) L. eye	+3.9	+3.9	+2.0	+1.8	+1.4	+1.3	−11	+5.3	−5.6	+13	−11	−6.7	S
R. eye	+4.0						−8.3	+1.1	−5.9	+6.7	−10	−6.7	S
Mean	+4.0	+3.9	+2.0	+1.8	+1.4	+1.3	−9.7	+3.2	−5.8	+9.9	−10.5	−6.7	

+ : Hypermetropia, − : Myopia, 0 : Emmetropia, S : Severing optic nerve, At : Atropine injection, Cu : Curare injection, Am : Amelizol injection, K : Killing by laceration of heart.

b. In the fishes which show the highest myopia in the fore direction

Species (Body length cm) \ Direction	Pre-treatment						Post-treatment						Method of treatment
	Fore	Lateral	Upper-fore	Upper	Lower-fore	Lower	Fore	Lateral	Upper-fore	Upper	Lower-fore	Lower	
Epinephelus septemfasciatus (14) L.	+7.2	+4.3	+5.9	+5.6	+4.3	+4.3	−17	−5.9	−6.7	+5.9	−5.0	0	S
R.	+5.6	+4.8	+5.9	+5.6	+5.0	+4.8	−14	−5.6	−5.6	+5.0	−4.8	0	S
〃 (15) L.	+3.7	+3.7	+4.0	+4.0	+3.5	+3.3	−13	+3.5	−5.6	+5.3	−5.9	+5.6	S
R.	+3.7	+5.0	+3.7	+3.7	+3.3	+3.0	−13	+5.0	−7.7	+5.0	−5.6	+7.7	S
〃 (14) L.	+8.3	+4.3	+4.3	+4.0	+4.2	+4.0	−14	+4.0	−7.7	−7.7	−5.0	+3.5	S
R.	+5.3	+3.9	+4.2	+4.0	+3.5	+3.3	−13	+4.8	−9.1	−9.1	−5.3	+5.9	S
Mean	+5.6	+4.3	+4.7	+4.5	+4.0	+3.8	−14	+1.0	−7.1	+0.7	−5.3	+3.8	
Sebastiscus marmoratus (18) L.	+2.0	+2.8	+2.2	+2.1	+1.0	0	−13	+0.7	−6.7	+2.4	−5.9	−2.5	S
R.	+2.0	+3.2	+4.2	+3.9	+1.1	+0.6	−11	+0.9	−6.3	+1.1	−5.6	+0.9	S

〃 (18)	+4.2	+4.0					−13	+3.3					At
〃 (14)	+2.3	+3.5	+3.3	+2.5	+1.3	0	−11	+2.5	−7.7	+2.0	−6.7	0	At
〃 (16)	+2.2	+2.6					−13	+2.0					S
〃 (15)	+2.6	+3.1					−13	+2.2					S
Mean	+2.6	+3.2	+3.2	+2.8	+1.1	+0.2	−12.3	+1.9	−6.9	+1.8	−6.1	−0.5	
Therapon oxyrhynchus (20)	+3.3	+4.3	+2.0		+2.7		−14	0	−10		−6.7		S
Seriola quinqueradiata (17)	+3.3	+8.3	+3.3	+11	+4.0	+6.3	−12	+9.1	−7.1	+5.6	−8.3	+7.7	At
Girella punctata (16)	+5.6	+3.9	+5.0	+3.3	+2.0	0	−14	+4.0	−6.7	+3.6	−6.3	0	At
〃 (18)	+5.9	+3.7	+5.0		+5.6		−13	+3.3	−7.2		−8.3		K
Mean	+5.8	+3.8	+5.0	+3.3	+3.8	0	−13.5	+3.7	−7.0	+3.6	−7.3	0	
Pseudoblennius totomius (7.5)	+5.9	+7.7	+6.3	+6.7	+7.7	+13	−25	+7.7	−10	+8.3	−8.3	+14	S

c. In the fishes which show the highest myopia in the upper-fore direction

Species (Body length cm) \ Direction	Pre-treatment: Fore	Lateral	Upper-fore	Upper	Lower-fore	Lower	Post-treatment: Fore	Lateral	Upper-fore	Upper	Lower-fore	Lower	Method of treatment
Lateolabrax japonicus L.	+5.3	+4.8					−13	+5.3	−13	−8.3	−6.7	+13	S
R.	+5.9	+5.6					−13	+5.6	−14	−10	−7.7	+11	S
〃 (18.5) L.	+7.2	+6.3	+4.8	+4.8	+2.5	0	−11	+5.6	−13	−8.3	−5.0	+8.3	S
R.	+6.7	+5.9	+5.0	+5.0	+2.3	0	−14	+5.3	−14	−11	−4.3	+8.3	S
〃 (19) L.	+5.6	+5.0	+4.8	+4.8	+2.5	+2.5	−14	+5.0	−14	+4.0	−5.6	+2.2	S
R.	+5.9	+4.3	+4.3	+4.0	+1.7	+1.7	−13	+4.8	−13	+4.2	−5.0	+2.0	S
〃 (23)	+7.2	+5.9	+7.7	+7.7	+7.2	+7.2	−14	+5.9	−14	−9.1	−7.7	+25	S
〃 (9.5)	+7.7	+9.1					−17	+13	−20	−14	−10	+25	S
〃 (17)	+5.0						−11		−12				Am
〃 (17.5)	+4.8						−13		−13				Am
〃 (17.5)	+2.9						−13		−13				At
〃 (18)	+7.2	+4.8	+6.7	+5.0	0	0	−9.1	+3.3	−10	0	−8.7	+2.5	Cu
Mean	+6.0	+5.7	+5.6	+5.2	+2.7	+1.9	−12.9	+6.0	−13.6	−5.8	−6.7	+10.8	
Trachurus japonicus (10.5)	0	+5.9					−15	+5.9	−20	−10	+3.3	+6.7	At
〃 (10.5)	+2.2	+5.0	+1.8	+1.8	+1.8	+1.8	−17	+5.0	−20	−6.7	+2.9	+7.7	At
Mean	+1.1	+5.5	+1.8	+1.8	+1.8	+1.8	−16	+5.5	−20	−8.4	+3.1	+7.2	

assumed to occur between the five treatments. In Table 7 a the greatest myopia occurred in the lower-fore direction. In Table 7 b it occurred in the fore direction and in Table 7 c in the upper-fore direction. Obviously the lenses must have been displaced in these respective directions, and it will be shown in the section of visual axis that the direction

of displacement in these fishes coincide with their visual axes as established by another method.

The results of these refraction measurements are not directly comparable with BEER's. In this report, the pre-treatment state in assumed to be the resting state of the eye, where BEER assumed the resting state to be that produced by the injection of curare or atropine. Further-more, the degree of myopia obtained by BEER does not necessarily reflect the highest myopia of the fish, because he consistently measured refraction along only one line, *i.e.*, a line passing through the center of the lens to a point near the scotoma*. This, perhaps, coincides with the lateral-fore direction in Fig. 6. His values of myopia ranged from −3 to −10 diopters, and −12 in one extreme case (mean −6.1), while the values in Table 7 range from −10 to −25 diopters (mean −14).

According to Table 7, the accommodation is assumed to be performed along certain directions, except which the refraction is hypermetropic or emmetropic in either pre- or post-treatment state. It would be of little importance if the fish eye is myopic, emmetropic or hypermetropic in the resting state, because the movement perception, for which the acute image is not neccessary, might play more important part in detecting the food or the enemy as Tamura (1952) showed in young *Lateolabrax japonicus*. So as to face the interesting moving object which is perceived at first by its movement, the fish bends or turns its head and body and keeps it in the visual axis which is, in general, situated in the binocular field, and then the clear from perception, for which the accommodation and acute image are indispensable, becomes to play an important part to discern the object.

V Visual axis

In general, the visual axis can be defined as the line of most acute vision, and in foveate animals it passes throught the fovea and center of the lens. In animals lacking a fovea, but having an area of high cone density, a line from the center of the area through the center of the lens may be considered the visual axis. Since the fish examined in this study do not have foveae, the latter definition applies. Thus the fishes with area in the dorso-temporal, temporal and ventro-temporal have visual axes extending, respectively, into the lower-fore, fore, and upper-fore regions of the visual field. It may further be assumed that the line of greatest accommodation will coincide with the visual axis.

Table 8 compares these two sets of data (taken from Tables 5 and 7) for 14 species. Among them, cone density of *Pseudoblennius* was not measured, but a typical fovea could be seen in the temporal region of retina. Columns 1 and 2 show the regions of highest and second highest cone density, while columns 3 and 4 show the directions of highest and second highest accommodation. Agreement between the two sets of observations is almost perfect. The direction of the visual axis is noted in column 5.

Girella and *Lateolabrax* are the only two cases showing disagreement. In *Girella*, this is readily explained by negligible differences in cone density between the ventro-temporal and temporal regions. Assuming them to be the same, the direction of the axis is determined by the line of greatest accommodation (Fore). In *Lateolabrax* there is a

* Pigment auf der Papille, Ausstrahlung des Sehnerven, Arterie des Processus falciformis etc.

Table 8. Direction of visual axis

Species	After Table 5		After Table 7		Direction of Visual axis decided from left columns
	Retinal region of highest density of cones (No. of cones)	Retinal region of second highest density of cones (No. of cones)	Direction of highest myopia (Refraction in Diop.)	Direction of second highest myopia (Refraction in Diop.)	
Pagrosomus major	Dorso-temporal (303)	Dorsal (240)	Lower-fore (−16.5)	Fore (−10.5)	Lower-fore
Sparus hasta	Dorso-temporal (400)	Temporal (147)	Lower-fore (−13.0)	Fore (−11.2)	Lower-fore
Evynnis japonicus	Dorso-temporal (570)	Temporal (393)	Lower-fore (−13.0)	Fore (−11.8)	Lower-fore
Leiognathus argenteus	Dorso-temporal (236)	Temporal (209)	Lower-fore (−14.0)	Fore (−14.0)	Lower-fore
Xesurus scalprum	Dorso-temporal (252)	Ventro-temporal (236)	Lower-fore (−10.5)	Fore (−9.7)	Lower-fore
Epinephelus septemfasciatus	Temporal (1050)	Nasal (253)	Fore (−14.0)	Upper-fore (−7.1)	Fore
Sebastiscus marmoratus	Temporal (380)	Dorso-temporal (105)	Fore (−12.3)	Upper-fore (−6.9)	Fore
Therapon oxyrhynchus	Temporal (133)	Nasal (93)	Fore (−14)	Upper-fore (−10)	Fore
Seriola quinqueradiata	Temporal (292)	Ventral (264)	Fore (−12)	Lower-fore (−8.3)	Fore
Girella punctata	Ventro-temporal (244)	Temporal (237)	Fore (−13.5)	Lower-fore (−7.3)	(Fore)
Pseudoblennius totomius	Fovea exists in the temporal region of retina		Fore (−25)	Upper-fore (−10)	Fore
Lateolabrax japonicus	Temporal (259)	Ventro-temporal (158)	Upper-fore (−13.6)	Fore (−12.9)	(Fore-upper-fore)
Trachurus japonicus	Ventro-temporal (288)	Ventral (272)	Upper-fors (−20)	Fore (−16)	Upper-fore

difference in the density between the temporal and ventro-temporal regions, but temporal region, which has the highest density, covers a broad area. Also, accommodation differs by only 0.7 of a diopter between the upper-fore and fore directions, so the visual axis is fore-upper-fore, a compromise between the two.

The relative positions of the ligamentum suspensorium and retractor lentis in respect to the lens offers a third means of estimating the visual axis. Three arrangements were found in the fishes examined (Fig. 9). The fishes listed in Table 7 a have the ligament attachment on the naso-dorsal surface of the lens and the muscle attachment on the ventro-temporal surface of the lens. Contraction of the muscle would move the lens up and back towards the dorso-temporal region of the retina. This is consistent with other evidence that the visual axis in this group is lower-fore in direction. Similarly, the fishes in Table 7 b have the ligament attached dorsally and the muscle ventrally, indicating tnat

the lens accommodates on the fore axis; those in Table 7 c have the ligament attached dorso-temporally and the muscle attached ventro-nasally, indicating lens movement along the upper-fore axis.

Direction of accommodation was estimated in this way for eight species where live specimens could not be obtained for optical methods. Fig. 10 shows that *Cantherines modestus*, *Helicolenus dactylopterus*, and *Scomber japonicus* probably move the lens along the fore axis, whereas *Priacanthus boops*, *Malakichthys wakiyae*, *Zenion japonicum*, *Argentina semifasciata* and *Chlorophthalmus albatrossis* probably move it along the upper- upper-fore axis. This is consistent with the topography of the retina, for the first group has the highest cone density in the temporal region, and the second group has the highest cone density in the ventral region.

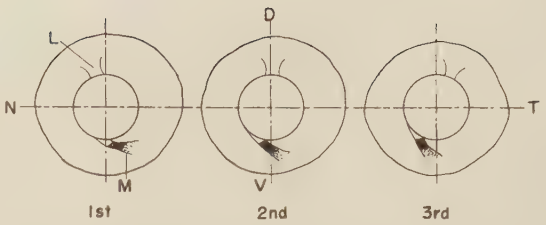


Fig. 9. Three types of attaching points.
S : Suspensory ligament, M : Retractor muscle.

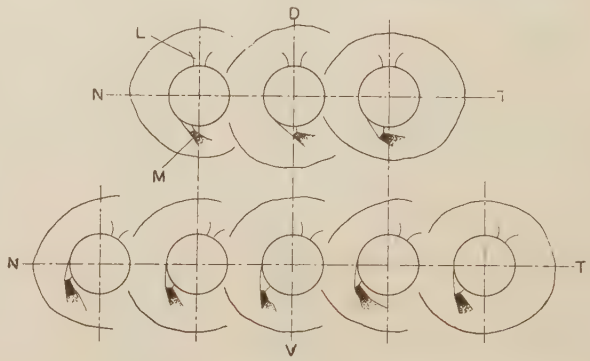


Fig. 10. The attaching point in some fishes.
From left to right; upper row, *Cantherines modestus*, *Helicolenus dactylopterus* and *Scomber japonicus*; lower row, *Priacanthus boops*, *Malakichthys wakiyae*, *Zenion japonicum*, *Argentina semifasciata* and *Chlorophthalmus albatrossis*.

The ecological significance of different visual axes is quite obvious when one considers the feeding behaviour of the various fish that have been examined. *Pagrosomns*, *Sparus*, *Evynnis*, *Leiognathus* and *Xesurus*, which have lower-fore visual axes, consistently picked over the bottom of the aquarium in search of food. They are generally classed as bottom feeders. *Epinephelus*, *Sebastiscus*, and *Pseudoblennis*, which have somewhat conspicuous areae temporales and fore visual axes, display a tendency to take food in front of them. These fish are known to live in among rocks and seaweed in nature, where they attack small animals that pass by them. It was also noted in the aquarium that their eyes have considerable scope of movement and are often focused simultaneously on objects in front of them, indicating the importance of binocular vision to them. Aquarium observations were inadequate on *Therapon*, *Cantherines*, *Chelidonichthys*, *Sphaeroides*, *Seriola*, and *Girella*, which also have fore visual axes. *Lateolabrax*, *Trachurus* and *Priacanthus*, judged to have upper-fore axes, tended to take food ahead and above them in the aquarium. This was particularly true for *Priacanthus*, which ordinarily paid no attention to food of not moving unless it was in the upper-fore or upper portion of the visual field.

It must not be forgotten, however, that the entire monocular field, usually about 180°, is quite important to all fish. Peripheral perception of movement for which high

acuity is not essential facilitates their detection of prey and predator over the entire visual field.

VI Binocular visual field

The binocular field, which is present to a greater or lesser extent in most fishes, is formed by the the anterior overlap of the wide monocular fields. Its width is perhaps indicative of its functional significance. In general, fish that live among rocks and seaweeds in the littoral zone and prey on other small organisms have the wider fields. However, it must be remembered that the field is not rigidly fixed, since the eye of fish rotate independently. In the present study, the width of the binocular field has been measured at eight elevations.

Method : Specimens were anaesthetized and fixed in a transparent chamber so that they could be rotated around the horizontal and vertical axes (Fig. 11). The eyes were then viewed through the same ophthalmoscope with which refractions were measured. Any point from which both eyes reflected light was assumed to be in the binocular field. At each elevation the fish was rotated clockwise around the vertical axis until the limit of reflection was reached in the rignt eye. The fish was then rotated counterclockwise until the limit was reached in the left eye. From the included angle (β), the distance between the vertical axis and the eyes of the fish (l), the interorbital distance (d), and the distance between the observation point and vertical axis (L), the width of the binocular field was found by drawing a figure like Fig. 12.

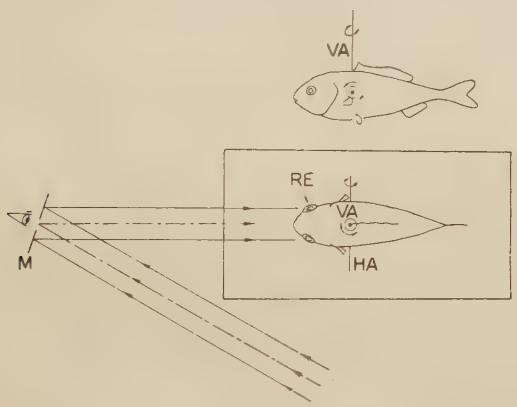


Fig. 11. Schema showing the method of measuring the extent of binocular field.
M : Mirror, VA : Vertical axis, HA : Horizontal axis, RE : Right eye of the fish.

Results : The results are clearly summarized in Table 9. All the species examined have definite binocular fields. Although the data indicate that the field covers a rather broad vertical range, it is noteworthy that the widest angle, in eacn case, is aligned with the visual axis.

Summary and Conclusion

1. Three properties of the eye which are importand in visual acuity were investigated : the resolving power of the dioptric system, the resolving power of

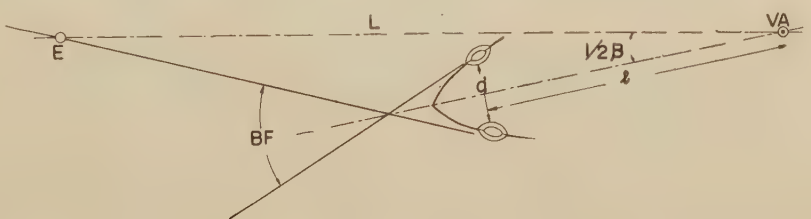


Fig. 12. The method of finding the binocular field (BF) from the rotated angle (β) etc.
E : Observation point, VA : Vertical axis.

Table 9. Width of the binocular field at various elevations

Species	Direction of visual axis	Elevation of visual direction							
		−60°	−40°	−20°	0°	20°	30°	40°	60°
Pagrosomus major	Lower-fore	—	26°	**28°**	24°	20°	18°	10°	14°
Evynnis japonicus	Lower-fore	—	24	**26**	22	19	15	10	12
Sparus hasta	Lower-fore	10°	25	**26**	21	17	15	10	13
Leiognathus argenteus	Lower-fore	19	18	**23**	18	15	—	9	6
Xesurus scalprum	Lower-fore	1	12	**15**	**15**	13	—	13	12
Epinephelus septemfasciatus	Fore	—	15	17	**32**	28	—	20	—
Sebastiscus marmoratus	Fore	—	—	20	**34**	28	—	20	6
Therapon oxyrhynchus	Fore	—	—	23	**30**	27	—	18	—
Lateolabrax japonicus	For-upper-fore	—	—	8	12	17	**20**	19	12
Trachurus japonicus	Upper-fore	—	—	13	15	22	**23**	20	18

O is in the horizontal plane, negative angles below it and positive angles above it. The direction of the visual axis is taken from Table 8.

the retina, and the extent of accommodation.

2. The resolving power of the crystalline lens, the only dioptric element responsible for image formation in fishes, ranged 54—90 seconds of arc for lenses over about 5 mm in diameter.

3. Cone density varies by species and by regions of retina. The best retinal acuity was 4.2 minutes of arc, so that the retina, not the lens, limits visual acuity.

4. All eyes examined were either emmetropic or hypermetropic in untreated living fish which was fixed rigidly in a tank between two pieces of rubber sponge, but became myopic in certain directions upon injection of atropine or curare, or upon sectioning of the optic nerve.

5. The axis of greatest accommodation was lower-fore in *Pagrosomus*, *Sparus*, *Evynnis*, *Leiognathus* and *Xesurus*; fore in *Epinephelus*, *Sebastiscus*, *Therapon*, *Girella* and *Pseudoblennius*; and fore-fore-upper or upper-fore in *Lateolabrax* and *Trachurus*. These axes are usually served by the retinal region of highest cone density.

6. There is a relationship between attachment points of the suspensory ligament and retractor lentis and the axis of accommodation. From this relationship and the region of highest cone density, the visual axis was determined for some species not available in living condition. They are : fore in *Cantherines*, *Helicolenus*, and *Scomber*; upper-upper -fore in *Priacanthus*, *Malakichthys*, *Zenion*, *Chlorophthalmus* and *Argentina*.

7. The binocular field tends to be broadest in the direction of the visual axis.

References

Beer, T., 1894. Die Accommodation des Fischauges. *Pflüg. Arch.*, 58 : 523—650.

Brunner, G., 1934. Über die Sehscharfe der Elritze bei verschiedenen Heilligkeiten. *Z. vergl. Physiol.*, 21 : 296—316.

Frisch, K. von, 1925. Farbensinn der Fische und Duplizitäts-theorie. *ibid.*, 2 : 393—452.

Harms, J.W., 1914. Über die Augen der am Grunde der Gewässer lebenden Fische. *Zool. Anz.* 44 : 35—41.

Herter, K., 1930. Weitere Dressurversuche an Fischen. *Z. vergl. Physiol.*, 11 : 730—748.

Hess, C. von, 1912. Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes. *Handb. vergl. Physiol.* (ed. Winterstein), 4 : 1—269.

Hogben, L. & Landgrebe, F., 1940. The pigmentary effector system. Ⅸ. The receptor fields of the teleostean visual response. *Proc. Roy. Soc.* B, 128 : 317—342.

Kahmann, H., 1934. Über das Vorkommen einer Fovea centralis in Knochenfischauge. *Zool. Anz.*, 106 : 49—56.

Kahmann, H., 1936. Über das foveale Sehen der Wirbeltiere (Ⅰ. Über die Fovea centralis und Fovea lateralis bei einigen Wirbeltieren). *von Graefe's Arch. Ophthal.*, 135 : 265—276.

Matthiessen, L., 1882. Über die Beziehung, welche zwischen dem Brechungsindex des Kerncentrums der Krystallinse und dem Dimension des Auges bestehen. *Pflüg. Arch.*, 27 : 510—523.

Meader, R.G., 1936. Accommodation and its reflex pathways in the Teleosts. *Yale J. Biol. Med.*, 8 : 511—522. (from Biol. Abst.)

Müller, H., 1952. Bau und Wachstum der Netzhaut des Guppy (*Lebistes reticulatus*). *Zool. Jahrb.*, 63 : 275—324.

Patten, B.M. and R. Philpott, 1921. The shrinkage of embryos in the processes preparatory to sectioning. *Anat. Rec.*, 20 : 393—413.

Polyak, S.L., 1948. The retina. University of Chicago Press : 1—605.

Takatsuzi, M., 1939. Die Sehzellen in der Netzhaut der Fisch, besonders ihre Reiheordnungen. *Kaibogaku zassi*, 14 : 1—68.

Tamura, T., 1952. On the senses of food-searching in *Lateolabrax japonicus*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 17 : 296—300.

Walls, G.L., 1942. The vertebrate eye and its adaptive radiation. *Cranbrook Ins.* of *Science*, Bull. 19 : 1—785.

Wunder, W., 1936. Physiologie der Susswasserfische Mitteleuropas. *Handb. der Binnenfischerei Mitteleuropas* (ed. Demoll-Maier), Ⅱ B : 1—340.

Yamamoto, S., 1931. Die statische Refraktion des Auges verschiedener Tiere. *Okayama-Igakkai-Zasshi*, 43 : 1407—1425.

Yamamoto, T., 1949. Dobutu seiri no zikken. Tokyo., 1—212.

Yamanouchi, T., 1940. Gyo-rui no si-ryoku (siseido) ni tuite. (Summary of oral lecture). *Zool. Mag.*, 38 : 75.

フノリの粘質物の研究—I.
フノリの無機成分について*

三田 喜代
(広島女子短期大学)

A Study on the Mucilage of *Gloiopeltis furcata*—I.
On the Inorganic Components

Kiyo MITA

Out of inorganic components of *Gloiopeltis furcata*, a species of seaweed, and its mucilage extracted in room temperature, major elements were detected by the ordinary method, and minute elements by arc spectrum analysis. The minute elements contained in the seaweed were Ti, Cu, Mn. Ashed material of the mucilage was 16.1 % against the weight of dried material with important inorganic components comprising Na, Mg, Si, and S.

It has been estimated that all the amount of S in the mucilage is present as sulfate and that the mucilage consists of Na or Mg salt of sulfate ester of polysaccharide. A fact that the mucilage contains a considerable amount of Si is worth paying attention.

テングサ寒天質の化学構造に関しては，荒木[1]の研究に見るべきものがある。しかし同じ紅藻類に属するフノリの粘質物（フノリ質）に関する研究は少く，川上[2]，高橋[3]，土屋[4]等のフノリ成分に関する報告，青木[5]の粘度に関する報告，勝浦[6]の電離性，川村[7]の抗凝血力についての報告等を見るにすぎない。著者はフノリの粘質物の化学構造を解明する目的で，フノリから抽出した粘質物の化学的研究を行つているが，無機成分について，若干の知見を得たので報告する。

実験及び考察

海藻類の成分含有量は，同一場所，同一種類に於ても，採集時季等により，藻体の化学的組成が甚だしく異つてくることを考慮に入れ，本実験に使用したフノリは昭和25年4月初旬佐賀県で採集したものである。

試料は水で塩素の反応の消失するまで，手早く洗滌して，塩分，土砂等を除去し，十分風乾した上で小型電気炉を用いて，なるべく低温で（最高 500°C）灰化する。普通元素については，常法[8]で分析した。微量元素は灰分を炭素極に充塡し，通常の孤光分光分析法で分析を行つた。

粘質物の調製： 水で洗滌したフノリを肉挽器にかけ，20倍量の蒸溜水を加えて，室温に，一昼夜時々攪拌しながら放置後，裏漉にかけ，濾液を更に羽二重を用いて，吸引濾過する。濾液は減圧でシロップ状に濃縮後，約4倍量の変性無水アルコール中に激しく攪拌しながら注入する。絮状となつて沈澱する粘質物を綿布上に集め圧搾して，液分を除き，減圧乾燥する。灰褐色の粗粘質物を水に溶かし濾過出来る程度の濃厚溶液にして，一昼夜放置後，羽二重を用いて濾過する。濾液は減圧濃縮後，10倍量の無水アルコール中に攪拌しながら注入する。灰白色の沈澱物を濾紙上に集め圧搾して，液分を除き減圧乾燥する。灰白色の粘質物を再び蒸溜水に溶解して，3時間放置後羽二重を用いて濾過する。濾液は減圧濃縮後，10倍量の無水アルコール中に攪拌しながら注入する。上記操作を更に4回繰返して得た灰白色の沈澱物を濾紙上に集め，圧搾して液分を除き，無水アルコールに浸漬して，圧搾し，エーテルに浸漬し，圧搾して減圧乾燥する。

1956年8月13日受理

* 本研究の大要は昭和26年2月日本化学会中国四国支部常会で報告した。

本粘質物を，上記同様電気炉を用いて灰化する。原藻同様，普通元素は常法で，微量元素は孤光分光分析を行つた。灰分中の普通元素の含量を Table 1 に示し，微量元素を Table 2 に示す。

Table 1. Common elements (% on ash.)

	Gloiopeltis furcata	Mucilage from *Gloiopeltis furcata*
ash	13.4 %	16.1 %
Na	6.6	11.9
K	1.8	3.2
Si	0.9	3.1
P	0.7	0.2
Al	0.4	0.1
Fe	0.7	0.4
Ca	4.3	1.7
Mg	8.2	4.2
S	19.5	17.6

Table 2. Minute elements

	Gloiopeltis furcata	Mucilage from *Gloiopeltis furcata*
Na	+++++++++	++++
K	++	+
Si	+++	++
P	++	+
Al	++	+
Fe	+++	++
Ca	++++++	++++
Mg	+++++++++	++++
Mn	+	
B	+++	++
Cu	+	
Ti	+	

+ : Density of spectrum line.

Table 2 によれば，普通元素の分析値の傾向がよくあらわれてをり，又原藻中には Cu, Ti, Mn も存在している事がわかる。フノリ質に Si がかなり含有されていることは興味のある所で Si も亦 S, 即ち硫酸と同様にフノリ質を構成するものではないかと思われるが今後の研究に俟つ。

粘質物の S の形態: 精製粘質物の水溶液に $BaCl_2$ を加えても $BaSO_4$ を生じないが塩酸で加水分解後は硫酸イオンの反応が顕著に現われる。故に遊離の硫酸は精製粘質物には含まれないものと考える。

次に精製粘質物 0.5 g に 50 倍量の 3 % HCl を加え，還流冷却器を附し，沸騰水浴内で 3 時間加熱し，濾液に $BaCl_2$ を加えて硫酸を $BaSO_4$ として定量した。SO_3 は 16.06 %，S に換算して 6.43 %。又別に Pregl 燃焼法により全 S を定量すると，S は 6.46 %，SO_3 に換算して 16.11 %。即ち，両方法に依る S 量は殆んど一致する。故に，S はすべて硫酸として存在することがわかり，又逆に 3 % HCl で 3 時間加水分解すれば完全に硫酸を分離することがわかつた。

以上の結果からフノリ質は寒天質に比べて，S の含量は多くすべて硫酸型で，これに結合して居る金属は Na, Mg と考えられる。紅藻類の粘質物は多糖類の硫酸エステルであることを多くの学者[9)10)11)12)]は認め

ているが，フノリ質も同様多糖類硫酸エステルの Na 或は Mg 塩であろうと推論した。多糖類に関しては次に報告する。

要　　約

1. フクロフノリ原藻は微量無機成分として Ti, Cu, Mn を含有する。
2. フノリ質の灰分は乾燥体に対して 16.1 % とかなり多く，その主要無機成分は Na, Mg, Si, S で，S の形態は硫酸型である。

終りに終始御懇篤なる御指導を賜わった増本文吉博士に厚く感謝の意を表すると共に，分光分析に援助を戴いた三輪喜一郎氏に深謝する。

尚本研究は文部省科学研究費によつて行つたものである。

文　　献

1) 荒木長次・平瀬進：*Bull. Chem. Soc. Jap.*, **27**, 105 (1954) ; **29**, 339 (1954) ; **29**, 543(1956).
2) 川上嘉市：工化 **13**, 341 (1909).
3) 高橋栄治：日化総覧　大正 7—10, 149.
4) 土屋靖彦：本誌 **14**, 257 (1949).
5) 青木　克：本誌 **3**, 359 (1935) : **6**, 88 (1937) : **7**, 168 (1938).
6) 勝浦嘉久次：工化 **56**, 903 (1953).
7) 川村正夫：北海医 **17**, 977 (1939) : **18**, 418 (1940).
8) 東京大学農学部農芸化学教室：農芸化学分析書上巻（昭和 23 年).
9) P. Haas : *Biochem. J.*, **15**, 469 (1921) : **23**, 425 (1929).
10) W. Z. Hassid : *J. Am. Chem. Soc.*, **55**, 4163 (1933) : **57**, 2046 (1935).
11) M. R. Butler : *Biochem. J.*, **28**, 759 (1934) : **30**, 1338 (1936).
12) 森高次郎・土屋靖彦：農化 **14**, 609 (1938) : **17**, 585 (1941) : **19**, 297 (1943).

水産動物筋肉蛋白の溶出性について

右田正男・松本重一郎
(東海区水産研究所)

On the Extractability of Muscle Proteins of Marine Animals

Masao MIGITA and Juichiro J. MATSUMOTO

To provide the basis of the study on marine animal muscle proteins, quantitative efficiency of various extraction methods that have been used by investigators was experimentally compared, using water or DYER's 5% NaCl solution[4] as the extractant.

The squid or flatfish muscles were extracted with extractants at varying ratios of extractant (ml.) /muscle (g.). The ratios more than 20 were recommended to get a good extractability, except the case of the aqueous extraction of the squid muscle (Fig. 1).

Among the various methods which will help the mechanical degradation of the tissue structure, both a blendor equipped with buffle-plate (Fig. 2) and a hand-made blendor[9] proved to be useful (Tables 1—4).

The single extraction was found to be usable in place of the repeated extractions in the estimation of the relative amounts (Table 5, Fig. 3).

筋肉蛋白の組成や性状は動物の種類により異なり，また同一種の動物においても新鮮度や種々の加工処理によつて変化し，蛋白の溶出性に著しい影響の現れることが多い。従つて筋肉蛋白の溶出性に関する研究はいろいろな点から意義があり，今までにも幾つかの研究成果が報ぜられている[1]。筋肉中の蛋白の組成を定めるには，一旦蛋白を抽出して後分劃定量するのが普通である。この場合単位量の筋肉からできるだけ多量の蛋白を抽出するために，多くの場合抽出を2回以上くりかえすことが行われている。この場合個々の抽出の能率のいゝほど繰返しの回数は少くてすむ。また実験の目的によつては繰返し抽出を必要としないこともある。例えば一連の実験によつていろいろの条件の影響を比較する場合には，ある蛋白分劃の相対的な値を知れば充分であるから，再現性のいゝ抽出方法を用いれば，唯一回の抽出でその目的を果すことができる。即ち溶出性に関する実験においては抽出方法の再現性と抽出能率の吟味が重要である。

個々の抽出操作において，同一条件にある同一種の筋肉から蛋白の抽出される難易は主として，(i) 筋肉の組織構造を破壊する機械的処理の効果と，(ii) 抽出溶剤の化学的性質によつて定められる[2]。強靱な組織構造をもつ筋肉では (i) の強響が特に大きく，このためにいろいろの方法が用いられて来たが，近年はブレンダー* を用いた例が多い。しかしこれには後記のような欠点もある。また筋肉を凍結切片（厚さ約 40 μ）としてすりつぶし溶剤を加えて抽出する方法[3]もあるが一般的ではない。

そこで私たちは夫々特徴をもつた簡易ブレンダーと泡止めブレンダーを作り，魚介肉蛋白に対する抽出能率をみると共に，これを基準として，どの実験室でも行いうる更に簡単な抽出方法の效果を吟味し，次にこれらのブレンダーによる繰返し抽出の能率をしらべ，その結果と1回抽出の結果を比較し前記のような1回抽出の意義を考察した。

なおこれらの実験においては溶剤は DYER ら[4]の 5% NaCl 水溶液 ($NaHCO_3$ 0.02 M を含み，pH～7.2，イオン強度 0.88) と水に限つた。あまり抽出能率のいゝ溶剤は LiCl, NaOH の如くしばしば蛋白の性状をかえ，抽出液の組成は必ずしも試料筋肉中の蛋白組成をそのまゝに表わさないことがあるからである。また水を用いたのは，水又は低イオン強度 ($I \leqq 0.15$) の塩類溶液は蛋白の溶剤としては比較的弱いもの

1956 年 10 月 4 日受理 東海区水産研究所業績 B 第 254 号

* 調理用のいわゆるミキサーのことである。原報には Waring blendor と書いてある例が多い。

であつて，筋肉蛋白中，ミオゲン，ミオアルブミン，グロブリンXの如き肉漿蛋白のみを抽出したり，調製，定量をするのに屢々用いられているからである[5][6]。そしてイカの筋肉においては，普通ミオシン区に属すると思われる蛋白が水抽出液中に現われることがあるので[7]，水抽出液中の蛋白の組成を知ることは，この種の筋肉蛋白の研究に特に意義ありと思われたからである。

実　　験

実験に用いた試料はいずれも東京都魚市場で入手したもので，極めて新鮮であつた。魚の場合には血合肉を除いた。溶剤は予め氷浴で冷却して用い，抽出その他の操作中にはできるだけ氷浴を用いたため，その間の温度は 2～6°C であつて，10°C を超えたことはなかつた。抽出液を抽出残渣から分離するにはすべて遠心分離（3,500～4,000 r.p.m. 20 分間）を用いた。この際もし濾紙やパルプを用いると，ミオシンの如きせんい状蛋白はたとえ抽出中に溶解していても，濾材の目につまつて濾別される傾きがあるので用いられない[2][4]。上澄として分離された蛋白濃度は biuret 法[8] 又は三塩素酢酸固定後に Kjeldahl 法にて定量し，上澄の容積をかけて溶出蛋白量を出し筋肉中全蛋白量に対する百分率として表わした。

実験Ⅰ．抽出溶剤の量と抽出量の関係

この関係は以下の実験をすゝめるために予め明かにしておかねばならない。ヒラメ，マアジ及びスルメイカ（外套膜）の筋肉をその重量の 1/5 の石英砂（以下砂とよぶ）とすり，これに種々の割合で水又は 5% NaCl を加え，簡易ブレンダー（2,500～3,000 r.p.m.）[9] を用い 10 分間抽出した。抽出後直ちに 20 分間遠心分離し，上澄中に抽出された蛋白を定量した（Fig. 1）。

結 果 及 び 考 察

スルメイカ筋肉を水で抽出した場合は，Fig. 1 曲線 A_1 及び A_2 の如く実験の範囲内では液量/筋肉量の比がふえると共に溶出量は増す一方であるが，その他の場合には一般にこの比が 20 をこえると溶出量がほゞ一定となつた。5% NaCl による場合はイカ筋肉でも 20 倍量以上でほゞ一定となつた。このように 液量/筋肉量 の比も筋肉の種類，溶剤の種類によつては最適な条件が異なることがわかる。

イカ筋肉の水抽出のほかは，筋肉量の20倍量の抽出溶剤を用いれば個々の抽出の度にほゞ極限の抽出率を以て，しかも比較的濃厚な抽出液をうることができる。それ故以下の実験においては一般に筋肉量の 20 倍の抽出剤を用いることにした。但し Fig. 1 によれば イカ筋肉の 水抽出では曲線の勾配が水平になる のは 水/筋肉 の比が遙かに高いところであるが，そこでは筋肉があまり少量となるため同一条件でも抽出率の再現性が悪く，また抽出液が甚だ稀薄となつて実用し難いので，他の場合と同様 20 倍量を用いた。

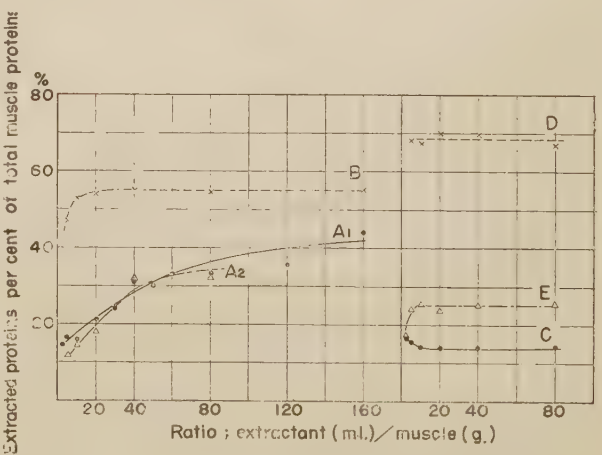


Fig. 1. Extractability of muscle proteins by single extraction with various amounts of extractants.
A_1, A_2 : Squid, *Ommastrephes sloani pacificus* Steenstrup extracted with water.
B : 〃 〃 〃 extracted with 5 % NaCl.
C : Flatfish, extracted with water.
D : 〃 〃 〃 5 % NaCl.
E : Horse mackerel, *Trachurus Japonicus* Temminck & Schlegel, extracted with water.

Ⅰ，Ⅱ の比較

Ⅱa. 簡易ブレンダー法と振りまぜ法の比較

の如きブレンダーの欠点を除きかつ

Table 1. Extraction* of muscle proteins by hand-made blendor and by shaking followed by 2 hour standing both after grinding with quartz sand

Muscle	Extractant	Extracted proteins per cent of total muscle proteins		Ratio (B/A)
		Hand-made blendor (A)	Shaking (B)	
Squid**, *Loligo*	Water	28.6, 30.3, 32.1	27.9, 28.2, 28.8	0.94
	5 % NaCl	80.1, 86.4, 92.5	64.8, 66.1, 72.8	0.79
Flatfish***	Water	14.6, 14.9, 15.1	13.7, 13.9, 13.8	0.93
	5 % NaCl	63.5, 63.9, 64.8	34.2, 42.7, 46.6	0.64

* In Tables 1~4, ratio of extractant/muscle was 20, and extraction was not repeated.
** *Loligo bleekeri* KEFERSTEIN,
*** *Paralichthys olivaceus* TEMMINCK & SCHLEGEL.

Table 2. Extraction of muscle proteins by hand-made blendor and by glass stirrer, both after grinding with quartz sand

Muscle	Extractant	Extracted proteins per cent of total muscle proteins		Ratio (B/A)
		Hand-made blendor (A)	Glass stirrer (B)	
Squid*, *Ommastrephes*	Water	24.7, 24.9, 26.1	22.5, 23.5, 23.5	0.92
	5 % NaCl	85.7, 86.1, 90.7	72.9, 73.5, 78.1	0.86

* *Ommastrephes sloani pacificus* STEENSTRUP.

経費を省くため，さきに松本[9]は通常の実験室用小型モーターを利用して簡易ブレンダーを自製したのでまずこれと古くから抽出に用いられている振りまぜ法の比較を試みた（Table 1）。

（簡易ブレンダー法）筋肉 10.0g を2 g の砂とすり 200m*l* の抽出溶剤を加えて10分間氷冷しつゝ抽出した。

（振りまぜ法）筋肉 10.0 g を 2 g の砂とすり 200 m*l* の抽出剤を加えて密栓し，手で 30 秒間激しく振盪して後，冷蔵庫に 2 時間静置し遠心分離した。

Ⅱb. 簡易ブレンダー法とかき混ぜ法の比較（Table 2）

（かきまぜ法）1/20 *HP* のモーターの軸にガラス製スターラーを直結し氷浴中でゆるやかに回転せしめて 10 分間抽出した。簡易ブレンダー法の場合とともに肉は予め砂とすつたものを用いた。

Table 3. Extraction of muscle proteins by hand-made blendor after grinding with or without quartz sand

Muscle	Extractant	Extracted proteins per cent of total muscle proteins		Ratio (B/A)
		With sand (A)	Without sand (B)	
Squid, *Ommastrephes*	Water	26.1, 26.8	24.5, 25.5	0.95
	5 % NaCl	80.9, 83.5	74.3, 76.6	0.92

Ⅱc. 簡易ブレンダー法て石英砂を使用する効果

抽出に先立つて筋肉を石英砂と磨ることは屢々行われているが，簡易ブレンダーの如く組織を破砕する能率がよい方法を用いた場合にもなお石英砂を用いることが有效であるかどうかを確めようとした(Table 3)。

Ⅱd. 簡易ブレンダー法と泡止めブレンダー法との比較

食品の調理に用いられるブレンダーは筋肉組織を粉砕する效果が著しいから蛋白の抽出に役立つように思えるが，この際多量の気泡を巻きこみ，これが溶出蛋白の表面変性をひきおこすので，蛋白の抽出には用い

Table 4. Extraction of muscle proteins by hand-mabe blendor and by Waring blendor both without grinding with quartz sand previously

Muscle	Extractant	Extracted proteins per cent of total muscle proteins		Ratio (B/A)
		Hand-made blendor (A)	Waring blendor (B)	
Squid, *Ommastrephes*	Water	28.3, 32.3	34.4, 37.7	1.19
	5 % NaCl	57.3, 58.7*	65.8, 65.8*	1.14
Flatfish	Water	13.8, 14.2	16.4, 16.7	1.17
	5 % NaCl	80.2, 83.4	86.2, 90.3	1.08

* These values are rather smaller than those in Tables 2 and 3. The quartz sand was not used in grinding muscle and muscle here used seemed more fresh than the former cases; these seem to be responsible for the difference.

えない。しかし Dyer 等[4] は Waring blendor に落し蓋をつけ泡の発生を防ぐことによって，cod 筋肉にて最高 94 % の高い抽出率をうることができた。但し市販のブレンダーは一般に容量が大きすぎ，遠心分離が1回で終らぬ点で実験上不適当である。しかし高速度の回転に耐える小容量のガラス容器は入手し難いので，私たちはニッケル鋼板を用いてこの目的に適した泡止めブレンダーを製作した*(Fig. 2)。この容器（容量 300 m*l*）が方形の断面をもつことは攪拌の助けとなる。また落し蓋は止めねじによつて自由な位置に固定できる点が特徴である。

これと簡易ブレンダー（砂を使わぬとき）との抽出率を比較した。(Table 4)

（泡止めブレンダー法）筋肉 15.0 g を乳鉢ですり，氷冷抽出溶剤 300 m*l* を加え，附属モーターの低速度側（約10.000 r.p.m.）で1分間抽出した**。

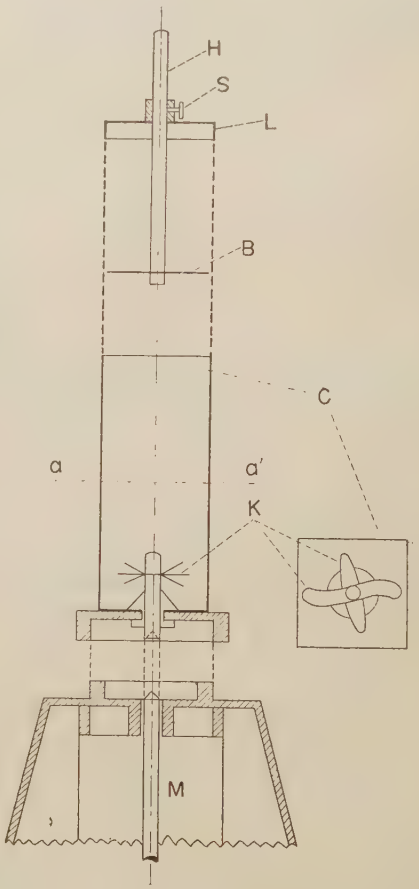


Fig. 2. A schematic figure of a Waring blendor with a movable buffle plate.
Left : Sectional view.
Right : Cross section aa'.
H : Holder ; S : Stopper ; L : Lid ; B : Buffle plate ; C : Shell ; K : Knife ; M : Motor.

結果及び考察

Table 1～4 に見られるように，一定条件の下の一回抽出による溶出量は大体一定の値を示している。従つてこれによつて試料及び抽出方法の条件の異なる場合の溶出度を比較することができる。

(i) **抽出能率の比較** 以上の実験結果において，筋肉の単位重量当りの溶出量の絶対値は試料筋肉の種類，鮮度或は実験の季節によつて必ずしも一様ではないので，抽出法各々の相対的関係を主として，実験 IIa より IId に至る結果を綜合すると，抽出能率の間には一応次の傾向がみられる。

水を抽出溶剤とする場合

泡止めブレンダー法＞砂使用簡易ブレンダー法＞砂なし簡易ブレンダー法，振りまぜ法，かきまぜ法

5% NaCl を抽出溶剤とする場合

泡止めブレンダー法＞砂使用簡易ブレンダー法＞砂なし簡易ブレンダー法＞かき混ぜ法＞振りまぜ法

従つて泡止めブレンダーに次いで簡易ブレンダーの使用が

* 刃，軸うけ，モーターは市販ミキサーの部品を使用した。
** その後の経験によれば泡止めブレンダーによつて5分間抽出を行つてもモーターを損ずることなくより高い抽出能率がえられるようである。

有利である。また抽出量の変動についてはあまり大きな差異は認められなかつた。簡易ブレンダーの抽出能率は泡止めブレンダーには劣るがかなりよく，抽出中の温度調節の自由，泡止めブレンダーと異なり，モーターの焼ける心配なく長時間連続抽出しうること，抽出残渣の回収し易いこと等の利点も多い。但しアクトミオシン系蛋白の ATPase 活性の研究における如く，特に重金属との接触を避けねばならぬ場合[10]には能率は劣つてもかき混ぜ法を用いるべきであろう。

予め筋肉を石英砂ですりつぶしておくことは明かに有効であるが (Table 3)，刃をいためるのでブレンダーには用いられない。また砂の使用によつて一部蛋白の変性がおこるといわれているから[11]，果してどの程度の変性がおこるかは，明かでないが，砂を用いる場合は一応このことを念頭におくべきであろう。

(ii) **蛋白の種類による溶出の難易**　水による抽出では抽出方法の相異による抽出能率の開きが，5 %NaCl による場合にくらべて比較的少い。このことは水によつて抽出される蛋白分劃は抽出法の如何にかゝわらずその全量近くが常に溶出するのに反し，塩類濃度がある程度高くなつて後はじめて溶出しうる蛋白分劃の溶出は，それぞれの抽出操作によつて筋肉組織が破砕される効果によつて大いに助けられること[2)4)]を意味する。この蛋白分劃はいわゆるアクトミオシン系の筋肉構造蛋白に当るものと思われる。また振りまぜ法では振盪したときに泡ができるため，表面変性が起つて抽出能率が悪くなることも考えられる。

実験Ⅲ．繰返し抽出の効果

ある種の，ある状態の筋肉の中に，一定の溶剤にとける性質をもつ蛋白がどれだけあるかを知ろうとすれば，もはや溶出する蛋白がなくなるまで繰返し抽出することが必要である。この際実験Ⅱにおいて吟味したような機械的処理の効果の大きい程，その溶剤にとけるべき蛋白は速く洗い去られるはずである。そこで実験Ⅱにおいてこの機械的効果がすぐれていることの認められた泡止めブレンダーと簡易ブレンダーを用い，繰返し抽出の効果，即ち何回の抽出によつて目的の蛋白の大部分を抽出しうるかをしらべた。

なお実験Ⅲの一回抽出による溶出量は大体一定の値を示しているので，この溶出量と繰返し抽出による極限の溶出量との比がわかれば，唯一回の抽出によつても，その溶剤に可溶な蛋白分劃の全量を推定しうる可能性もある。

Ⅲa.　水による繰返し抽出 (Fig. 3)

イカ，コイ，マアジ，イセエビ，ガザミの筋肉に毎回 20 倍量（イカの一例のみ 40 倍量）の水を加え簡易ブレンダーによつて，抽出した。砂は用いなかつた。

Ⅲb.　5 %NaCl による繰返し抽出 (Table 5)

簡易ブレンダー又はブレンダーを用い，スルメイカ筋肉とヒラメ筋肉とをくりかえし抽出した。なお参考のために抽出液をイオン強度 0.05 に稀釈し，pH 6.8 に合せ，一夜冷蔵後遠心分離して沈澱する蛋白をミオシン区蛋白として定量した，砂は用いなかつた。

結果及び考察

(i) **水による繰返し抽出**　Fig. 3 の結果によれば，この実験に用いた筋肉中の水溶性蛋白を完全に抽出するためには，簡易ブレンダー法によれば筋肉の 20 倍量の水で 1 回抽出するだけでは不充分であるが，コイ，マアジ等魚類の筋肉では，抽出を 2～3 回繰返せばもはや水溶性蛋白はいくらも残らないこれに反し，イカ，イセエビ，ガザミ等で 2～3 回の抽出を行えば毎回相当多量の蛋白が溶出し，その

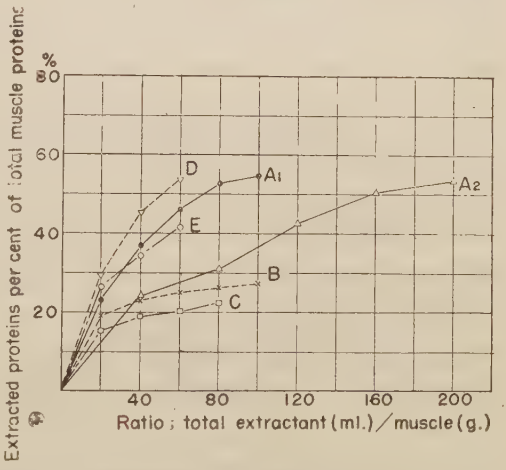


Fig. 3. Extractability of muscle proteins on repeated extraction with water.
In each extraction, the ratio of extractant/muscle was 20, except A_2, where the ratio was 40,
A_1, A_2: Squid, *Ommastrephes sloani pacificus* Steenstrup.
B: Carp, *Cyprinus carpio*.
C: Horse mackerel, *Trachurus Japonicus* T. & S.
D: Lobster, *Panulirus Japonicus* (von Siebold).
E: Crab, *Neptunus trituberculatus* Miers.

Table 5. Repeated extractions of muscle proteins with 5% NaCl and estimation of myosins and non-myosins by dilution method

	Fraction	Squid, *Ommastrephes*		Flatfish Sample (A)		Flatfish*** (Sample B)
		Hand-made blendor	Waring blendor	Hand-made blendor	Waring blendor	Hand-made blendor
Extracted proteins	1st extract (L_1)	62.2	77.1	59.4	63.9	62.7
	2nd extract (L_2)	12.2	7.2	19.2	24.4	13.2
	3rd extract (L_3)**	4.8	1.6	2.2	2.7	1.7
	Total (L)	79.2	85.9	80.8	91.0	77.6
Myosins*	M_1 (ppt. from L_1)	47.2	63.1	41.3	47.1	47.4
	M_2 (〃 〃 L_2)	6.9	3.5	15.4	15.6	12.5
	$M=M_1+M_2+L_3$	58.9	68.2	58.9	65.4	61.6
	M' (L_3 and ppt. from the mixture L_1+L_2,)	(46.5)	(35.3)	62.8	——	62.2
Non-myosins	$N_1=L_1-M_1$	15.0	14.0	18.1	16.8	15.3
	$N_2=L_2-M_2$	5.3	3.7	3.9	8.8	0.7
	$N=N_1+N_2=(L-M)$	20.3	17.7	21.9	25.6	16.0
	$N'=L-M'$	(32.7)	(50.6)	18.0	——	15.4

(Figures in the table denote the amount of each protein fraction per cent of total muscle preteins.)

* Myosins were precipitated at $I=0.05$, pH 6.7—7.0, and no correction was given for the myosins which might be left dissolved in the supernatant.

** It was assumed that this fraction does not consist of non-myosins but of myosins.

*** Analysis of this sample was performed to assure the result with sample A that N' is close not to N ($=N_1+N_2$) but to N_1.

後の抽出によっても蛋白の溶出がかなり認められる。これはイカや甲殻類の筋肉の特性である[12]。繰返し抽出に際し，第1回に溶出する量は 3～5 回にわたる繰返し抽出で溶出する全量に対し，コイ 70 %，マアジ 70 %，スルメイカ 41 %，46 %，イセエビ 54 %，ガザミ 64 % であつた。そして同一試料，同一条件では1回抽出の実験値の巾は Table 1～4 の如く一般にあまり大きくないから，硬骨魚類では1回の水抽出による溶出量から水溶性蛋白の全量を推定することも強ち不当ではない。しかし一回抽出の能率の悪いイカ，イセエビ，ガザミ等では，それから全量を推定することは，誤差が大きくなるので好ましくない。

なお魚肉の水抽出液中の蛋白は，専らアルブミン系蛋白とみられるが，イカについては水抽出液中に溶出する蛋白の種類が1回目と2回目とではちがい，また1回目の抽出液でも 水/筋肉 の比が大体 20 をこえた時とこえぬ時で，明かに異る[13]等，複雑な関係が認められるので，1回の抽出結果から筋肉中のアルブミン系蛋白の量を公式的に推定してはならない。

(ii) 5 % NaCl による繰返し抽出の効果

Table 5 の溶出量は筋肉中の全蛋白に対する値で示してあるが，スルメイカ及びヒラメの筋肉中の基質蛋白 (Stroma) を夫々 5 % (北林[14]による) 及び 3 % (cod[4] に準ずる) と仮定すれば，筋肉中の可溶性全蛋白に対する Table 5 中の全溶出量はスルメイカ 84～91 %，ヒラメ 84～94 % となる，この値はウサギにおける Smith[15]の 6～9 回繰返しの抽出率 70～75 %，cod における Dyer ら[4]の2回繰返しの 88～94 % に劣らない。そして簡易ブレンダーでも 80 % をこえる抽出率がえられている。

Table 5 の繰返し3回抽出による最大抽出量，イカ 85.9 %，ヒラメ 91 % を 100 とすると，一回抽出の能率は簡易ブレンダーで夫々 72.5 %，65.3 %，ブレンダーで夫々 87.7 %，70.3 % であつて，なお多量の未抽出蛋白を残している。しかし前述のように同一条件下では溶出量の変動が少いから，一回抽出の溶出量を該溶剤にとける蛋白の相対的比較の目安とすることはできる。魚肉の死後変化，脱水による変性の如

* 第2回以後の抽出液は流動複屈折を示す[7]。

く，一定の要因による時間的変化によつて，一回抽出の溶出量が一貫した変化を示した例[17]の少くないこともこれを裏書きする。

(iii) **ミオシン区及び非ミオシン区蛋白の分劃定量**

5 % NaCl 抽出液 L をミオシン区 M と非ミオシン区 N に分劃定量しようとするとき，Table 5 の結果によると $L_2 > M_2$ であるから，$L_2 - M_2 = N_2$ だけの非ミオシン区蛋白が L_2 中に含まれ，N の真の値は $N_1 + N_2$ であると一応考えられる。しかし L_2 から稀釈法でミオシンを沈澱させるときのミオシンの濃度は L_1 からの場合は比べてはるかに低いから，L_2 ではミオシンが上澄中に逃れるおそれがある。この点についてはなお実験的吟味の余地があるが，今回の実験結果からも，N の推定に関し重要な手懸りがえられる。

まずヒラメ筋肉についての結果をみると，2つの抽出液 L_1 と L_2 の混合物から定量された N_1 は第1回の抽出液 L_1 から定量された N_1 にほゞ等しいことが注目される。非ミオシン区蛋白として定量される肉漿蛋白は前記の如く水による一回抽出でも全量の 70 % が溶出する位であるから，塩類溶液によつて構造蛋白の大半が溶出し，組織の原形をとどめないような状態では，一回目の抽出で完全に溶出することもありうることである。これらの理由を考え合せると，ヒラメ肉の場合には L_2 中には真の非ミオシン区蛋白はいくらも含まれていなかつたであろう。そしてもし一回抽出の際の抽出残渣が，組織の原形を止めぬまでによく破砕されていれば，非ミオシン区 N の定量は一回目の抽出液 L_1 の稀釈定量によつて $N_1 = L_1 - M_1$ を知れば充分であろう。

筋肉中のミオシン区蛋白はこゝに用いたような温和な塩類溶液による抽出では，たとえ繰返し抽出によつても一部が抽出残渣中に残るといわれる[15]。もしこの残渣中の基質蛋白 R を定量することができれば，全ミオシン区蛋白の% M_T は $M_T = 100 - (N + R)$ として求めうる。

一方イカ肉の場合はヒラメ肉の場合と異なり，抽出液 L_1 と L_2 の混合液よりミオシン区蛋白を沈澱させると，L_1 及び L_2 から別々に沈澱させた場合よりも甚だ少ない。この機作は全く不明であるが，イカ筋肉蛋白は多くの点で脊椎動物の筋肉蛋白と異つた性質をもつもので，その一端が現われたものと考えられる。では非ミオシン区蛋白は N_1 か $N_1 + N_2$ のどちらによるべきであろうか，新鮮なイカの筋肉組織は甚だ強靱で，ブレンダー処理によつても尚小さな塊の残ることが認められているので，更に充分な実験的根拠によつて反対されぬ限り，この際は特に $N_1 + N_2$ を非ミオシン区蛋白とみなすのがよいであろう。

要　　約

1) 魚類，イカ等の筋肉蛋白の分劃定量を行うため各種の抽出法の效果を比較検討した。

2) 筋肉と水との比を変えて抽出を行つたところ，イカ筋肉を水で抽出する場合の他は，1：20 の比が適当であることがわかつた。

3) 筋肉組織を破壊する諸種の機械的処理を比較し，泡止めブレンダー法が最も優れ，簡易ブレンダー法がこれに次ぐことを認めた。

4) イカ，ヒラメ等の筋肉を水又は 5 % NaCl で繰返し抽出した結果，1回のみの抽出による溶出量は相対的比較には役立つが，ほゞ定量的に抽出するには少くとも3回の繰返し抽出によらねばならない。

5) 塩類抽出液中のミオシン区蛋白 M と非ミオシン区蛋白 N の分劃定量について検討を加えた。

この研究につあたつて実験を手伝つていたゞいた最首とみ子さんに深く感謝する。

文　　献

1) Bailey, K : "The Protein", Vol. II, Part B, Academic Press, New York (1954) p. 1005～18.

2) Weber, H. H. and Portzehl, H. : Adv. Protein Chem., **7**, 231～3 (1952).

3) Dubuisson, M. : *Experientia*, **3**, 372 (1947).

4) Dyer, W. T., French, H. V. and Snow, J. M. : *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **7**, 585～93 (1950).

5) Roth, E. : *Biochem. Z.*, **318**, 74～94 (1947).

6) Hamoir, G : "Biochemistry of Fish", Cambridge Univ. Press, England, (1951). p. 9～10
7) Migita, M. and Matsumoto, J. J. : 本誌, **20**, 641～52 (1954).
8) 松本重一郎, 金光庸俊 : 本誌, **21**, 284～8 (1955).
9) 松本重一郎 : 化学の領域, **9**, 202～3 (1955).
10) Szent-Györgyi, A. : "Chemistry of Muscular Contraction", Academic Press, New York (1947) p. 29.
11) Haurowitz, F. : "Chemistry and Biology of Proteins", Academic Press, New York (1950) p. 4.
12) 右田正男, 松本重一郎, 青江憲道, 新井とみ子 : 日本水産学会大会口頭発表, 1954 年 10 月 2 日 (於清水市).
13) 松本重一郎 : 未発表.
14) 北林邦次 : 北水研報, No. 11, 102～4 (1954).
15) Smith, E.C. Bate- : *J. Soc. Chem. Ind.*, (1934) 351～4 T.
16) 右田正男, 松本重一郎, 青江憲道, 新井とみ子 : 日本水産学会年会口頭発表, 1955 年 4 月 5 日.
17) 右田正男, 松本重一郎, 最首とみ子 : 本誌, **22**, 433～9 (1956).

水産動物筋肉中の有機燐酸化合物に関する研究—III. コイ筋肉中の adenosine polyphosphate に及ぼす貯蔵温度の影響

斎藤恒行・新井健一
(北海道大学水産学部水産化学教室)

Studies on the Organic Phosphates in Muscle of Aquatic Animals—III. Effects of Storing Temperature upon the Adenosine Polyphosphate Content of Carp Muscle

Tsuneyuki SAITO and Ken-ichi ARAI

Post-mortem changes in adenosine polyphosphate content occurring in carp muscle, which had been stored at various temperatures (16°C., 0°C., −8°C., liquid air), were studied by ion exchange chromatography. The results may be summarized as follows.

(1) When carp muscle was held at 16°C., ATP and ADP were broken down rapidly and a large amount of decomposed compounds were accumulated in the fractions of adenine and adenosine (Fig. 1).

(2) Held at 0°C., the changes in amounts of ATP and ADP were comparatively slow and the decomposed compounds were mainly in the fraction of AMP (Fig. 2).

(3) Held at −8°C., and after 6 hrs. from start, muscle was completely solidified by freezing. The contents of ATP and ADP decreased markedly and the decomposed compounds, which will be considered as IMP, appeared in the fraction of AMP (Fig. 3).

(4) In liquid air, rapid freezing occurred and the contents of ATP and ADP showed almost no changes (Table 1).

動物筋肉中の高エネルギー燐酸化合物はその動物の死後に急速に分解してゆくものである。BATE-SMITH 及び BENDALL[1] は筋肉(ウサギ)の死後硬直と adenosine triphosphate (ATP) の急激な消失が一致して起る事実を報告し，更にまた BENDALL[2] はウサギの筋肉に就いて死後に於ける creatine phosphate (CP) と ATP との変化を測定して，先ず CP が減少して後に ATP の減少が起つてくる事実を報じている。然しながら之等の報告は ATP 以外の nucleotide に関しては余り記載がない。著者等は既にコイ筋肉中の高エネルギー燐酸化合物の定量法に就いて検討し，adenosine phosphate の定量に関しては CORN 及び CARTER の提唱したイオン交換法によつて目的を達することができると報告した[3]。本法は高エネルギー燐酸化合物の中特に adenosine polyphosphate の変化を追求することができるばかりでなく，その他の nucleotide の変化をも追求可能である点に大きな特色を持つている。著者等は本方法を用いて貯蔵温度の異なる新鮮コイ筋肉中の高エネルギー燐酸化合物の変化を追求して二，三の知見を得たのでこゝに報告する。

実　験　方　法

試料としては市販養殖コイで体長 20～30 cm，体重 300～400 g のものを用いた。

コイは可及的低温で断首し，直ちに三枚におろし，いわゆる背筋の部分を選んで採肉し，之を既に報告した方法[3] によつて磨砕，抽出後 adenosine polyphosphate を分析して標準の値とした。一方残りの背筋部は大型のシャーレに入れて貯蔵温度をそれぞれ 16°C，0°C，−8°C の各々とし，一定時間後に採肉し adenosine polyphosphate の分析を行つた。又急速凍結の実験としては，上記筋肉 1 g を切りとり細い銅線に懸

1956 年 10 月 5 日受理

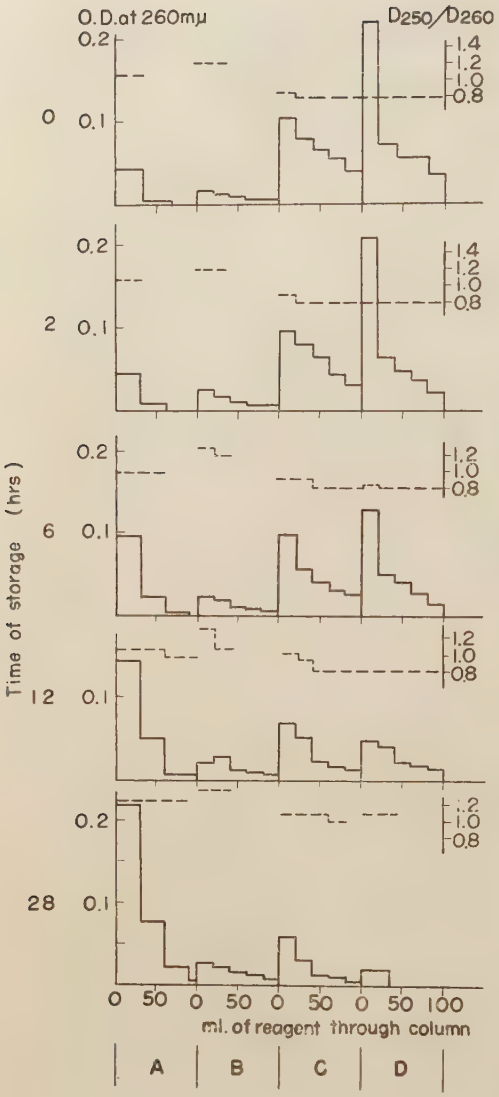


Fig. 1. Changes in the amounts of adenosine polyphosphates in muscle of carp during storage at 16°C.
Exchanger ;
Amberlite IRA—400, 1.0 cm^2. ×2.0 cm.
ca. 100—300 mesh.
Eluting solution ;
A·····0.01 N NH_4Cl (adenine, adenosine fraction)
B·····0.003 N HCl (AMP fraction)
C·····0.02 N NaCl in 0.01 N HCl (ADP fraction)
D·····0.2 N NaCl in 0.01N HCl (ATP fration)
Flow speed: 10. m*l*./min.
Sorbed material ;
perchloric acid ext. of carp muscle
(0.2 g. wet wt.)

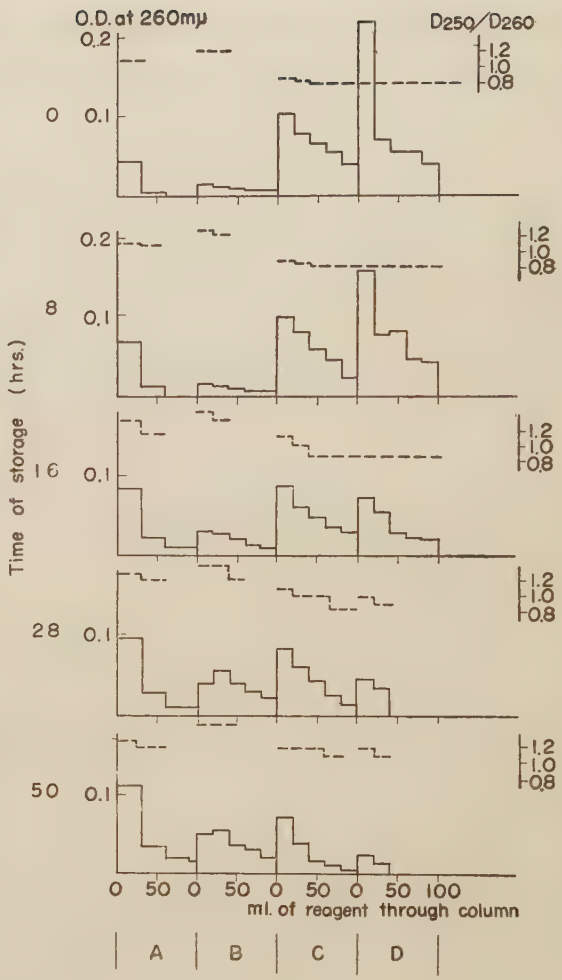


Fig. 2. Changes in the amounts of adenosine polyphosphates in muscle of carp during storage at 0°C.
Exchanger ;
Amberlite IRA—400
1.0 cm^2. ×2.0 cm.
ca. 100—300 mesh
Eluting solution ;
A·····0.01 N NH_4Cl(adenine,adnosine fraction)
B·····0.003 N HCl (AMP fraction)
C·····0.02 N NaCl in
0.01 N HCl (ADP fraction)
D·····0.2 N NaCl in
0.01 N HCl (ATP fraction)
Flow speed: 1.0 m*l*./min.
Sorbed material ;
perchloric acid ext. of carp muscle
(0.2 *g*. wet wt.)

垂して，液体空気中に一定時間（秒）浸漬し直ちに抽出分析を行った。

実　験　結　果

貯蔵温度を 16°C, 0°C, −8°C として筋肉を放置し一定時間の経過ごとに adenosine polyphosphate の分析を行った結果をそれぞれ Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 に示す。

先ず 16°C に筋肉を放置した場合では Fig. 1 に示すように ATP の急激な減少が観察され，次いで ADP が多少遅れて減少するのが認められた。然し AMP の生成は余り顕著でなくてむしろ adenine, adenosine 区分の急激な増加が起っていることから，コイ筋肉では ATP, ADP はこの区分まで分解を受けると考えられる。

0°C に筋肉を放置するときは，Fig. 2 に示すように当然の結果として，ATP の減少の速度は 16°C の場合と比較して遅い。即ち 16°C では ATP が新鮮筋の約 50 % 迄減少するに 8～10 時間を要するが，0°C では 14～16 時間を要するが如きである。同様にして ADP の減少の速度も前者に比較して明かに遅い。一方 adenine, adenosine 区分の増加は 16°C の場合ほど大きくなくむしろ AMP 区分の増加が多少目立っている。即ち 0°C に筋肉を放置する場合には ATP, ADP の分解は 16°C の場合に比較すれば可成阻止され，分解生成物も AMP 区分に止まるものが多い。

更に −8°C に筋肉を放置した場合には，筋肉は約 4～6 時間を経過すれば凍結を生じ不透明となって固化する。分析結果は Fig. 3 に示す。この結果によって認められる特異現象は，筋肉が凍結を始める前は ATP と ADP は殆んど減少していないが，筋肉が凍結を完了した直後即ち 6 時間経過後は急激な減少を示し，特に ATP の消失は著しい。そして分解生成物は AMP 区分に顕著に増加してくる。adenine, adenosine 区分の増加は著しくない。又筋肉の凍結が完了した後にはその後の変化は殆んど認められない。

尚各分析画分に就いて 250 mμ と 260 mμ に於ける吸光度の比を測定し，その値を記入した。16°C, 0°C に放置するときは，各々 12, 16 時間後に ATP を除く区分にこの比率の上昇を認めた。この現象は adenosine 系統の化合物が deamination によって inosine 系統の化合物に変化することを暗示する。又 −8°C に放置した場合は筋肉の凍結が完了した

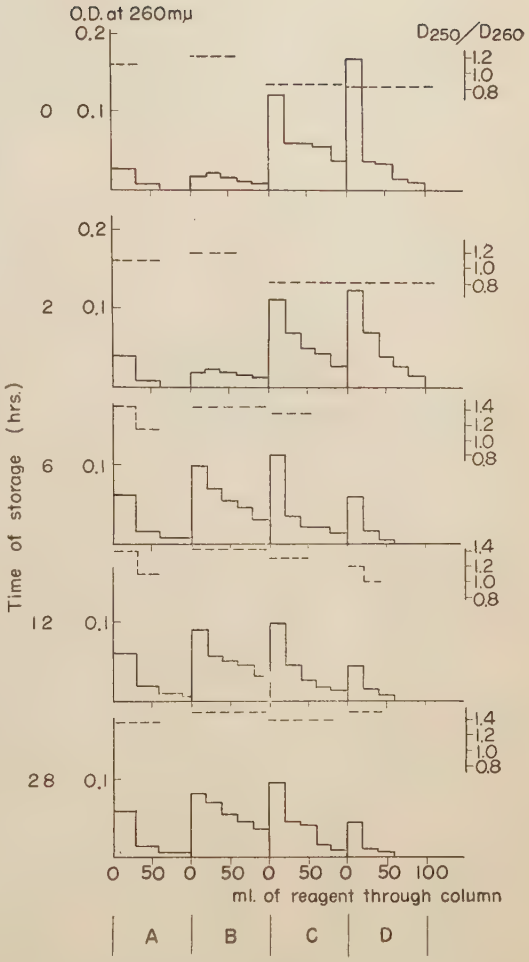


Fig. 3. Changes in the amounts of adenosine polyphosphates in muscle of carp during storage at −8°C.
Exchanger ;
Amberlite IRA—400
1.0 cm^2. ×2.0 cm.
ca. 100—300 mesh.
Eluting solution ;
A……0.01 N NH_4Cl (adenine, adenosine fraction)
B……0.003 N HCl (AMP fraction)
C……0.02 N NaCl in 0.01 N HCl (ADP fraction)
D……0.2 N NaCl in 0.01 N HCl (ATP fraction)
Flow speed: 1.0 m*l*./min.
Sorbed material ;
perchloric acid ext. of carp muscle (0.2 g. wet wt.).

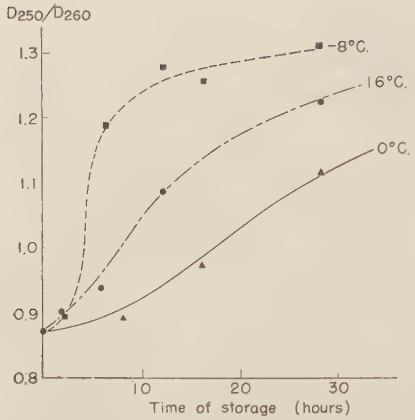


Fig. 4. Changes of 250/260 optical densities in muscle extract during storage at various temperatures.

6時間に於いてこの比率の急激な上昇を認めた。この現象は筋肉抽出液に就いて直接比率を測定した場合にも明確である。Fig. 4 は筋肉抽出液の 0.01 N HCl 稀釈溶液に就いて測定した値を示したものである。

即ち 16°C 及び 0°C の場合ではその比率はその温度に比例して時間と共に上昇の傾向をとるが，−8°C では凍結直前の2時間目から凍結完了の6時間に至る間に急激な上昇を認める。このことは酵素の一般的な性質即ち温度との相関性から考えるときは異常な現象であり，緩漫凍結現象と併せ考えて興味が深い。尚反応生成物としては inosinic acid が考えられるので，著者等は分離能力のよいイオン交換法により本物質を分離し，吸収スペクトル，paper chromatography，燐酸及び五炭糖の定量等を行つて成果を得たが詳細は次報にゆずる。

次いで著者等は二つの異常現象が急速凍結の際にも認められるかどうかを確認するために，冷媒として液体空

Table 1. Amounts of adenosine polyphospahtes in muscle frozen in liquid air

Time immersed in liquid air (sec.)	O. D. at 260 mμ* Fraction				D_{250} D_{260} of original ext.
	Adenine Adenosine	AMP	ADP	ATP	
0	.074	.088	.473	.457	0.88
3	.074	.082	.489	.445	0.87
15	.088	.090	.502	.429	0.91
30	.077	.080	.470	.464	0.88
60	.084	.088	.499	.426	0.90
0	.070	.119	.486	.339	0.88
3	.074	.124	.483	.333	0.90
15	.073	.131	.507	.302	0.89
30	.086	.128	.492	.318	0.88
60	.083	.120	.499	.321	0.87

* Total optical densities of 20 m*l*. effluents. (muscle, 0.2 g. wet wt.)

気を使用して筋肉を凍結し adenosine polyphosphate の分析を行つた結果を Table 1 に示す。

1 g の筋肉は液体空気によつて 15～17 秒で完全凍結するが，adenosine polyphosphate の分析の結果は殆んど見るべき差異がない。即ちこの場合に於いては dephosphorylation 或は deamination のような化学変化は余り行われなかつたものと考えられる。

考　　察

著者等の実験に於いて最も興味ある現象はコイ筋肉を −8°C の冷蔵庫に放置して，筋肉が緩慢に凍結を行つた際に筋肉中の ATP の含有量が急激に減少すると同時に，AMP 区分に多くの物質が集積し，而もこの物質は inosinic acid の傾向が大であるということである。今仮りに生成物が inosinic acidであるとすれば，その生成の主なる過程は deaminase によつて AMP が deamination を受けて生じたものと解するのが適当であろう。もつともこの反応に就いては AMP[4] 以外に ADP[5] 或は adenosine[6] の deaminase 等に関しても報告がある。然しながらこの変化がコイ筋肉の緩慢凍結という物理的変化に伴なつて急激に起る処に特異的な性格がある。急速凍結の際に ATP 及びその他の化合物に大きな変化のないことは既に Mommaerts[7]

の認めた処であるが，緩慢凍結に於いて ATP が急速に減少し，新たに消失した ATP と約等モルの Inosinic acid を生ずる現象に関しては酵素的な観点から之を追求したいと考えている。

尙著者は以上の実験に於いて adenosine polyphosphate の外に共在している CP の減少に就いても測定結果を得ているが，CP の減少は必らず ATP，ADP の減少に先行して起り，而も両高エネルギー燐酸化合物の消失の時間は従来コイに就いて報告されている死後硬直の到達時間と一致している。尙 CP についての詳細は後報にゆずる。

要　　約

コイ筋肉を種々の環境温度（16°C，0°C，−8°C，液体空気）に保存して筋肉中の adenosine polyphosphate の変化をイオン交換法を用いて追跡し次のような結果を得た。

（1） 16°C では ADP，ATP が急激に減少し，adenine，adenosine 区分まで分解を受ける。

（2） 0°C では ADP，ATP の変化は遅くなり，分解生成物も多くは AMP 区分に止まる。

（3） −8°C では筋肉は徐々に凍結し，凍結が完了したときには ADP，ATP は激減し，分解生成物は主として AMP 区分に集まり，紫外部の吸収測定値から，inosinic acid の生成が考えられる。

（4） 液体空気によつて急速凍結を行つた場合は ADP，ATP 等の変化は殆んど認められない。

文　　献

1) E. C. Bate-Smith & J. R. Bendall : *J. Physiol.*, **106**, 177 (1947).
2) J. R. Bendall : *J. Physiol.*, **114**, 71, (1951).
3) 斎藤恒行・新井健一：北大水産学部研究彙報，**6**，228 (1955).
4) V. S. Herman & G. Josepovits : *Nature*, **164**, 845 (1949).
5) A. Deutsch & R. Nilsson : *Acta Chem. Scand.*, **8**, 1898 (1954).
6) C. A. Zittle : *J. Biol. Chem.*, **164**, 499 (1946).
7) W. F. H. M. Mommaerts : *Nature*, **174**, 1084 (1954).

カツオ幽門垂のビタミンB群に関する研究—I.
チアミン，ニコチン酸，葉酸，ビオチン及びパントテン酸

柿本大壱・金沢昭夫
（鹿児島大学水産学部）

Studies on B-vitamins in Pyloric Coeca of Skipjack—I.
Thiamine, Nicotinic acid, Folic acid, Biotin and Pantothenic acid

Daiichi KAKIMOTO and Akio KANAZAWA

The B-vitamine, thiamine, nicotinic acid, folic acid, biotin and pantothenic acid in the pyloric coeca of skipjack were determined by microbiological methods using *Lactobacillus fermenti*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Streptococcus faecalis* and *Lactobacillus arabinosus*, and found to be 15, 304, 2.7, 0.8 and 37 γ per one gram of drymatter respectively (Table 2).

魚類肝臓のビタミン類に関する研究はその歴史がかなり古く，A，Dを始めとしその他のものについても既に夥しい研究がなされ，その結果諸種のビタミン類が豊富に含まれていることが知られ，A及びDを対象としたビタミン油工業の確立をみていることは周知の通りである。幽門垂のビタミンについては比較的近年に到ってAの測定が二，三[1]の研究者によって行われたが肝臓に較べると，その他のビタミン類に関する研究は極めて乏しい。著者等は既に数年前からカツオ幽門垂の生化学的研究を続けて来ているが，その生理的機能を考え或はその高度利用の方法を講じようとするためにはビタミン類の研究が是非共必要と思われるので表記の研究を始めた。本報ではビタミンB群に属するもののうち，まずチアミン，ニコチン酸，葉酸，ビオチン及びパントテン酸を Bioassay 法によって定量した結果を報告する。

実　験　の　部

チアミン： チアミンの定量には従来多く化学的方法が用いられているが，著者等は *Lactobacillus fermenti* による BENNETT[2] の方法によった。本法によればピリミジン，チアゾールの共存下でも培養時間の短縮によって之等の物質による影響から免かれると言われ，又カルボキシラーゼが此の菌に活性を示すがこれは試料をタカジアスターゼで処理することによって影響をなくすることが出来る。

ニコチン酸： JOHNSON[3] の行った *Leuconostoc mesenteroides* で定量した。該菌はニコチン酸アミド，ニコチヌール酸に対して response を示さないのでニコチン酸のみを定量し得る。

葉　酸： *Streptococcus faecalis* を用うる TEPLY 法[4]によった。該菌はレシチンやオレイン酸によって発育が阻害され又チミンによって刺戟作用を受けるので前二者を除くため試料にエーテル処理を施し，後者は KRUEGER[5] の報告によると 1γ 以上ではその影響がみとめられるが，本実験では試料の稀釈度を変えた場合も略々同じ値が得られ，且つ葉酸の回収率も稀釈によって影響が認められなかったのでチミンの影響はないものとした。

ビオチン： ビオチンの定量は現存なお Bioassay 法による外に適当と思われる方法がないが著者等は *Lactobacillus arabinosus* による BARTON-WRIGHT[6] の方法によった。

パントテン酸： ビオチンと同様今日 Bioassay が広く用いられており，種々の方法が考案されているが SKEGGS et al[7]. による *Lactobacillus arabinosus* 法によった。Table 1 はビタミンの種類とその定量に使用した菌株を一括記載したものである。

1) **菌株と保存培地** *Lactobacillus fermenti*, *Streptococcus faecalis* 及び *Lactobacillus arabi-*

1956 年 7 月 16 日受理

Table 1. Strains used for microbiological assay of vitamins

Vitamins	Test organism
Thiamine	*Lactobacillus fermenti*
Nicotinic acid	*Leuconostoc mesenteroides*
Folic acid	*Streptococcus faecalis*
Biotin	*Lactobacillus arabinosus*
Pantothenic acid	*Lactobacillus arabinosus*

nosus は東大農学部応用微生物研究所より分譲を受け *Leuconostoc mesenteroides* は武田薬品醗酵研究所より分譲を受けたもので，保存培地には一般に用いられる Yeast-Peptone-Glucose-agar を使用した。

2) 基礎培地及び接種菌

チアミン： 基礎培地は SARETT[8] のものを用い，接種菌は基礎培地 10 cc にチアミン塩酸塩 100 mγ と粉末酵母エキス 5 mg を加えたものを用いて調製した。

ニコチン酸： JOHNSON の培地により，接種菌は基礎培地 5 cc に 0.5 γ のニコチン酸を加えたものから調製した。

葉酸： TEPLY の培地を用い，接種菌はこの基礎培地 10 cc に 2 mγ の葉酸を加えたものから調製した。

ビオチン： BARTON-WRIGHT の培地を使用した。接種菌は葉酸と同様である。

パントテン酸： SKEGGS, WRIGHT 等の基礎培地を使用し，ビタミン不含カゼイン水解物は武田薬品製カゼインをエーテル脱脂後塩酸で加水分解し，pH 3.0 に於いて使用カゼインと等量又は 1.5 倍量の活性炭で処理しビタミン類を除いた。活性炭は使用に先立ち坩堝中で約 400°C，3 時間灼熱して活性化し，処理活性炭の 10 mg が 0.2 % のメチレンブルー 10 cc を 3 分間以内で完全に脱色し得る程度のものを使用した。接種菌は酵母エキス 1 %，グルコーズ 1 % の液体培地から調製した。

3) 試料の調製 幽門垂は昭和 28 年 8 月，枕崎市に陸揚げされた新鮮なカツオから採取し，直ちにホモジナイザーにかけたものを次のように処理して調製した。

チアミン： 試料約 1 g を精秤し 10 倍量の N/10 硫酸を加え湯煎鍋上で 30 分間加熱した後 0.5 % の酢酸ナトリウム溶液を加えて pH を 4.5 とし，これに 200 mg のタカジアスターゼを加えて消化後 pH を 6.6 に調整し定量に供した。

ニコチン酸： 試料 1 g を N 塩酸 10 cc に溶解し 20 封度で 1 時間加熱分解した後 pH を 6.8 に調整し定量に供した。

葉酸： 試料 1 g を 1 M の酢酸ナトリウムに溶解した後 pH を 4.0 に調整し，チアミンの場合と同様タカジアスターゼで消化後中和し，エーテルで数時間抽出し定量に供した。

ビオチン： 試料 1 g をエーテル抽出により可溶物を除き 5 倍量の 6 N 硫酸を加え 20 封度で 1 時間加熱しバリタで硫酸を除去後 pH を 6.8 に調整し定量に供した。

パントテン酸： 試料 0.5 g にミラーゼ P 0.2 g を加え，これを 0.2 % の酢酸にとかした後 1 N 苛性ソーダで pH を 4.5 とし，50°C に 3 時間保って結合型を遊離型とし，10 分間煮沸後濾過し，pH を 6.8 に調整し定量に供した。

4) 定量結果 幽門垂中前記ビタミン類の含有量は Table 2 に示した通りである。尚東氏[9] の研究では魚類肝臓のビタミン B 群の含量は同一魚種では魚体の大小（老若）によって大差は認められないとしているが，著者等は季節その他の条件に於ける幽門垂中のビタミン B 群の含量の変化は引続研究することとし，本表で示した数字は前記の如く 8 月に漁獲されたカツオの数回の分析平均値を記したものである。

Table 2. B-vitamins content in pyloric coeca of skipjack

Vitamins	Thiamine	Nicotinic acid	Folic acid	Biotin	Pantothenic acid
γ per one gram of dry matter	15	304	2.7	0.8	37

摘　　要

カツオ幽門垂中のビタミンB群中，チアミンは *Lactobacillus fermenti*，ニコチン酸は *Leuconostoc mesenteroides*，葉酸は *Streptococcus faecalis*，ビオチン，パントテン酸は *Lactobacillus arabinosus* を用いる Bioassay で定量し，乾物 1 g 中夫々 15 γ，304 γ，2.7 γ，0.8 γ，37 γ の含有量を示すことを確かめた。

終りに臨み御指導を賜った柏田研一博士，菌の分譲を賜った東大農学部飯塚広氏並に醱酵研究所の長谷川武治氏，文献に便宜を賜った東大農学部貴島静正氏に深謝の意を表す。又研究に要した経費の一部は昭和 30 年度科学研究費より支出した。

文　　献

1) 勝井五一郎：醸造学誌，**24**，22，76 (1946).
宇野　勉・中村晨一：北水誌報，**7** (11)，9 (1950).
2) M. J. Bennett and V. H. Cheldelin : J. Biol. Chem., **166**, 779 (1946).
3) B. C. Johnson : J. Biol. Chem., **156**, 227 (1945).
4) L. J. Teply and C. A. Elvehjem : J. Biol. Chem., **157**, 303 (1945).
5) K. Krueger and W. H. Peterson : J. Biol. Chem., **158**, 145 (1945).
6) E. C. Barton-Wright : Analyst, **70**, 283 (1945).
7) H. R. Skeggs and L. D. Wright : J. Biol. Chem., **156**, 21 (1944).
8) H. P. Sarett and V. H. Cheldelin : J. Biol. Chem., **155**, 153 (1944).
9) 東　秀雄：ビタミン，**7**，621 (1954).

カツオ幽門垂のビタミンB群に関する研究—Ⅱ. パラアミノ安息香酸（PABA）及びリボフラビン

柿本大壱
（鹿児島大学水産学部）

Studies on B-Vitamins in Pyloric Coeca of Skipjack—Ⅱ. P-Aminobenzoic acid (PABA) and Riboflavin

Daiichi KAKIMOTO

The microbiological method of LEWIS for estimation of PABA was improved on the composition of basal medium and on the treatment of test sample. That is, a considerable amount of L-tyrosine was added to the basal medium and the tyrosine present in sample was removed by adsorbing on charcoal at pH 1 (Table 2). By estimating PABA with the modified method the content in the pyloric coeca of skipjack showed the value of 1.25 γ per one gram of dry matter (Table 3).

In the estimation of riboflavin by BARTON-WRIGHT's method, the elimination of riboflavin from peptone and yeast-extract, which was used in the preparation of basal medium, was made by irradiation of ultraviolet ray for 30 minutes. And the concentration of both glucose and yeast-extract in the basal medium was duplicated in quantity (Table 4).

By estimating riboflavin with the modified method the content in the pyloric coeca was proved to be 38 γ per one gram of dry matter (Table 5).

著者は既にカツオ幽門垂中のチアミン，ニコチン酸，葉酸，ビオチン，パントテン酸を何れも Bioassay 法によって定量したが[1]，これらのビタミン類は既に発表されている方法をそのまゝ用いて何等支障なく定量することが出来た。然るに表記の2者は既知の定量方法に若干の欠陥のあることを知ったので，まずそれ等の点を研究し，改良法を考案して定量を行った。その改良によって上記ビタミンの定量が一層正確を期し得られるようになったと考えるので，その概要を報告する。

実　験　の　部

パラアミノ安息香酸（以下 PABA と略記する）

PABA の定量には TATUM[2] の *Neurospora crassa* の X-ray *mutant* (*mutant* 1633) を用いる方法が推奨されているが，別に *Lactobacillus arabinosus* を用いる LEWIS[3] の方法，*Acetobacter suboxydans*, *Clostridium butylicum* による定量も報告されている。*L. arabinosus* は *Acetobacter* と共に構造類似の物質の影響を受けることが少く，比較的正確な定量ができると言われているので，この菌を用いる LEWIS の方法によることにしたが，原法のまゝでは標準曲線が sigmoid 型になる欠点もあり，定量法の改良について研究した。

1) 菌株及び保存培地

共に既報ビオチン及びパントテン酸の場合と異ならないが，定量の約2週間前から肝臓エキス及び PABA 強化培地に毎日移植し，PABA に対する活性度を最高にする必要がある。特に後述するように，この菌は PABA に対しては保存培地の条件や培地のチロジン含量に影響されて活性度に不同を来たすため，充分順養した菌を使用することが大切である。

2) 基礎培地及び接種菌

1956 年7月 16 日受理

基礎培地は Lewis の原法に記載のもの及び比較のため Skeggs[4] のパントテン酸培地を用いた。基礎培地用カゼイン酸水解物の処理に用いるノーリットは，使用に先立ち坩堝中で2～3時間還元焔で焼き，活性化したものを用いた。接種菌は基礎培地 2cc に PABA 10 γ とチロジン 100 γ を加えて全容を 5cc とし，菌を接種して 37°C に 18 時間培養し，常法の如く処理し 100 倍稀釈としてその1滴を使用した。

3) 定量法の吟味

i. 基礎培地の組成

同一菌種例えば *L. arabinosus* を用いる Bioassay に於て定量しようとする物質が異なるに応じて，基礎培地の組成が異なることは PABA，ニコチン酸，パントテン酸などにその例がみられる。このうち著者の用いた Lewis の培地と Skeggs のパントテン酸定量用培地は培地組成が類似しているが，後者はカゼイン水解物が前者の約2倍となつている。よつて，先ず此の両培地を用い *L. arabinosus* の PABA に対する response を比較してみた。その結果は Fig. 1 に見られる様に，Skeggs の培地を用いる方が response がやゝ高くなるが，PABA に対する response は両培地で著しい差はない。次に Lewis の培地にアミノ酸及びビタミンを補強し，Skeggs の培地と比較すると共に，基礎培地の適否をみるため 2 γ の PABA に対する *L. arabinosus* の生酸量を測定した結果は Table 1 の如くであり，L-チロジンの補強により菌の繁殖が極端に促進されることを知つた。

ii. 保存培地

L. arabinosus の保存に酵母，グルコース寒天培地に1ケ月毎に移植したものを定量実験前に継代培養しても盲検値が高く，PABA に response しないことが屢々あるが，PABA とチロジンを充分加えた培地で約2週間継代培養を行えば，このようなことの防がれることを知つた。

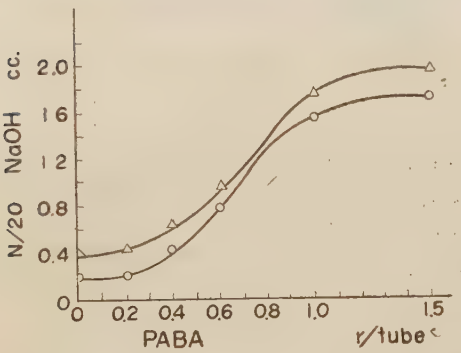


Fig. 1. Response of *L. arabinosus* to PABA in different media.
-△- Skeggs' pantothenic and medium.
-○- Lewis' medium.

iii. チロジンと PABA の関係

前記の様に，培地に L-チロジンを添加すると菌の発育が著しく旺盛になることを知つた。Fig. 2 は L-チロジンを 5～400 γ/tube 添加した場合 *L. arabinosus* の PABA に対する response を示したものである。図に見られるように，Skeggs, Lewis の両培地ともその関係は同様で，チロジンを添加しない培地を用いた場合，PABA に対する response がやゝ sigmoid 型になるが，若干のチロジンを添加することによつて防がれるようである。チロジンの量が過度に多くなると，PABA に対する response は低下の傾向がある。又此の実験から PABA が *L. arabinosus* に対する必須栄養素でないことも推測出来るが，これは極めて重要な知見であると思う。

iv. 定量可能域

Table 1. The response of *L. arabinosus* to supplimented amino acids and vitamins

Amino acids and vitamins supplimented into Lewis medium γ/tube (2 cc assay)		Response of *L. arabinosus* to 2 γ ot PABA $N/10$ NaOH cc.	Amino acids and vitamins supplimented into Lewis medium γ/tube (2 cc assay)		Response of *L. arabinosus* to 2 γ of PABA $N/10$ NaOH cc.
Not supplimented		0.84	DL-phenylalanine	200	0.83
DL-alanine	200	0.82	DL-serine	200	0.82
L-arginine	100	0.83	DL-threonine	200	0.84
DL-aspartic acid	200	0.80	DL-valine	200	0.85
L-glutamic acid	200	0.83	L-tyrosine	100	1.84
L-histidine	100	0.85	Thiamine	100	0.86
DL-isoleucine	200	0.82	Riboflavin	200	0.83
DL-leucine	200	0.85	Pyridoxine	200	0.84
DL-methionine	100	0.85	Nicotinic acid	100	0.83
L-proline	100	0.84	Skeggs' medium		0.89

Fig. 2 の実験から PABA 定量可能の範囲を考察すると，チロジン無添加培地では PABA 0.2～1.0 γ/tube の間で直線に近い response を示す。Lewis は 0.15～0.5 γ の範囲でやゝ sigmoid 型を示す標準曲線を用いて定量し，その誤差を 5～15 % としている。併しチロジンを添加した培地では，その添加量と菌の response は比例的で，換言すれば盲検値が高くなる不利があるが，適当のチロジン添加によつて sigmoid 型が矯正されるので，定量範囲が広くなる。著者はこのために Lewis の培地にチロジン 10γ/tube を添加した培地を用いた。

v. 試料調製法の改良

上記の様に *L. arabinosus* は PABA に対し response を示すが，更に PABA の存在しない培地にも発育し，この場合チロジンに対して response を示すので，PABA を定量するためにはあらかじめ試料からチロジンを除かなければ，結果の正確を期し難い。よつて活性炭を用い，PABA を吸着せずチロジンのみを完全に吸着する条件を検索した。その結果は Table 2 に示したように pH 1.0 に於て活性炭（白サギ印特選）処理を行えば，ほゞ完全に上の条件が満足せられ，即ちチロジンは完全に吸着除去されるが，PABA は全く吸着されないことが明らかにされた。即ち pH 1.0 において活性炭処理を行つた後，pH を 6.8 に調整した試料を用うれば PABA のみを定量することが出来る。pH 4.0 においては PABA はノーリットによつて完全に吸着されるが，以上の実験によつて PABA assay の Lewis 法に対する一応の吟味を終つたので，その結果に基いて幽門垂中の PABA を定量した。

4). カツオ幽門垂の PABA 含量

カツオ幽門垂 10 g に水 10 cc を加えて 1 時間煮沸抽出したもの及び *N*/10 苛性ソーダを加え 15 ポンドに 1 時間加圧加熱した二つの試料を pH 1.0 に於て活性炭 5 g を用いて処理した後 pH を 6.8 に調整したものを試料とした。assay は常法により 37° C 72 時間培養による生酸量により測定した。Fig. 3 は標準曲線で，定量の結果は Table 3 に示した。試料の調製法によつて定量値がやゝ異なり，幽門垂無水物に対し熱水抽出物では 0.9 γ，アルカリ加圧処理では 1.25 γ であつた。尚両処理による assay 値の相違の原因については引続き研究を進める予定である。

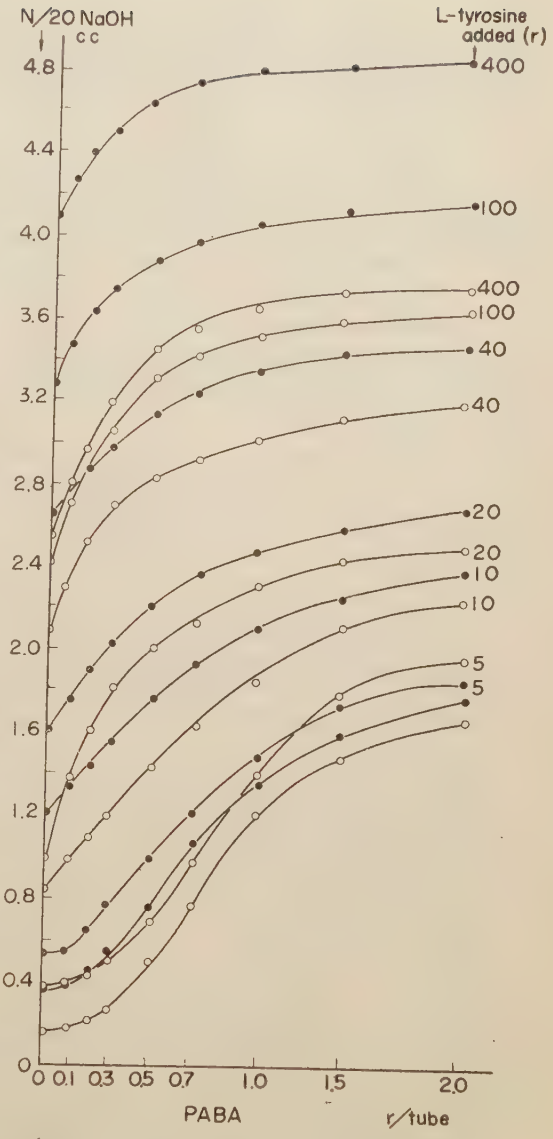


Fig. 2. Change of standard curve for PABA estimation in a presence of different amount of tyrosine.
—○— Lewis' medium.
—●— Skeggs' medium.

リボフラビン

Snell, Strong[5] らが *L. Casei* を用いて定量して以来，幾多の追試と改良の報告があり，使用菌としても *L. Casei* の外 *Leuc. mesenteroiaes*[6] もしばしば用いられている。著者は上記 2 氏の方法の改良法である Barton, Wright[7] の法を更に改良して幽門垂中のリボフラビンを定量した。改良の主な点は，培地中のペプトン及びイーストからリボフラビンを除く方法として，原法では 100 W 電球で少くとも 12 時

Table 2. Adsorption of PABA on Norit at pH 4

Before treating with Norit (1 γ PABA) N/20 NaOH titrated cc.	After treating with Norit N/20 NaOH titrated cc.	PABA in Norit treated medium γ	Adsorption per cent
1.2	0.21	0	100

Befor treating with Norit (2 γ PABA) N/20 NaOH titrated cc.	After treating with Norit N/20 NaOH tirated cc.	PABA in Norit treated medium γ	Adsorption per cent
1.68	0.21	0	100

Adsorption of PABA on charcoal at pH 1

Before treating with charcoal (1 γ PABA) N/20 NaOH titrated cc.	After treating with charcoal N/20 NaOH titrated cc.	PABA in charcoal treated medium γ	Adsorption per cent
1.2	1.19	1.0	0

Before treating with charcoal (2 γ PABA) N/20 NaOH titrated cc.	After treating with charcoal N/20 NaOH titrated cc.	PABA in charcoal treated medium γ	Adsorption per cent
1.68	1.65	1.94	3

Adsorption of Tyrosine on charcoal at pH 1

Before treating with charcoal (10 γ tyrosine) N/20 NaOH cc.	After treating with charcoal N/20 NaOH titrated cc.	Tyrosine in charcoal treated medium γ	Adsorption per cent
0.84	0.2	0	100

Before treating with charcoal (20 γ tyrosine) N/20 NaOH cc.	After treating with charcoal N/20 NaOH titrated cc.	Tyrosine in charcoal treated medium γ	Absorption per cent
1.0	0.2	0	100

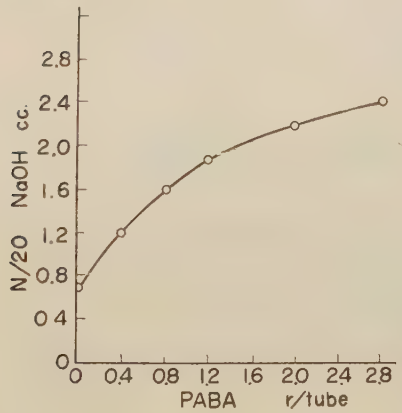


Fig. 3. Standard curve for PABA assay using *L. arabinosus*.

Table 3. PABA content in pyloric coeca of skipjack

Sample	PABA content in one gram of the fresh matter γ	PABA content in one gram of the dry mater γ	Recovery
Boiling water extract	0.18	0.9	96.7
After being added N/10 NaOH, the sample was heated at 15 lbs for 60 mins	0.25	1.25	96.5

間照射している所を紫外線照射に代え時間を短縮したこと，基礎培地中のグルコースとイースト補足成分の添加量を倍加して定量を一層容易にしたことである。

実験操作を詳述することは省き，その要点のみを略述する。

1) 菌株及び保存培地

L. Casei は東大農学部応用微生物研究所より分譲を受けたもので，保存培地としては酵母寒天を用いた。

2) 基礎培地

L. Casei は Table 4 に示した組成のものを基礎培地にした。(著者改良)

Table 4. Basal medium for riboflavin assay

Constituent		Contents in 100 cc.
Peptone	After being dissolved in NaOH irradiated by ultraviolet ray	1 g
Cystine		20 mg
Yeast	After being treated with basic Pb-acetate irradiated by ultraviolet ray at pH 10.0	0.4 g
Glucose		4 g
Salt A and B*		each 1 cc.
pH		6.6～6.8

* Salt A : KH_2PO_4 50 mg, K_2HPO_4 50 mg, per 1 cc.
Salt B : $MgSO_4$ 20 mg, $FeSO_4$ 1 mg, $MnSO_4$ 1 mg, NaCl 1 mg, per 1 cc.

紫外線照射を行う。約 16 時間の後再び濾過し，酢酸を加えて酸性とし，硫化水素を通じて鉛を除き，減圧濃縮して 50 mg/cc の濃度として使用した。なお Fig. 4 に見られるように，SNELL 等の基礎培地を用いた 37°C 72 時間培養による生酸量はかなり低いが，グルコース量を2倍としたもの，更にグルコースと酵母エキスを原法の2倍とした著者改良の培地を用いれば，遙かに勝れた標準曲線が得られる。

3) 接種菌

250 mγ のリボフラビンを加えた保存培地に3回馴養した後，同量のリボフラビンを含む基礎培地 5 cc に菌を植え，37°C に 24 時間培養した後常法の如く処理し，5 cc の生理食塩水に懸濁したものを1滴使用した。

4) 試料の調製

幽門垂 1 g に *N*/10 塩酸 10 cc を加え，20 ポンドに 20 分間加圧加熱し，冷後 pH を 6.8 に調整してエーテル抽出によって脂肪を除去して試料とした。

表中ペプトンはポリペプトン 1 g を 2.5 %の苛性ソーダに溶解し，径約 8 cm のペトリ皿に入れて液層を約 2mm とし，5 cm の距離から 20 W 紫外線ランプを 30 分間照射し，フラビンを破壊する。次に氷酢酸約 0.6 cc を加えて中和し，更に醋酸ナトリウム 175 g を加えた後，濾過した濾液を使用した。イーストは第五栄養化学製粉末酵母エキス 1 g を水 10 cc に溶解し，これに 30 %塩基性酢酸鉛溶液を徐々に加えて，生じた沈澱を遠心除去した後，濃アンモニアを加えて pH を 10.0 とし，生じた沈澱を除いた後，前と同様

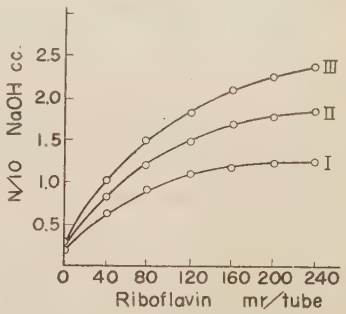


Fig. 4. Response of *L. Casei* to riboflavin in different medium.
Ⅰ. SNELL's medium.
Ⅱ. Modified medium (enriched with glucose).
Ⅲ. 〃 (enriched with yeast and glucose).

Table 5. Riboflavin content in pyloric coeca of skipjack

Dilution of sample	*N*/10 NaOH titrated cc.	Riboflavin contents in one gram of fresh matter γ/g	Riboflavin contents in one gram of dry matter γ/g	Recovery %
1/50	1.98	7.5	37.5	102
1/100	1.38	7.6	38.0	98
1/200	0.81	7.6	38.0	95

5) 定量結果

Table 5 は定量の結果であるが，リボフラビン含量は幽門垂無水物に対し約 38 γ/g であった。

摘　　要

1. *L. arabinosus* を用い，LEWIS の方法によつて PABA を定量する場合，基礎培地にチロジンの適量を加えることにより，盲検値はやゝ高くなるが，標準曲線が sigmoid 型となることが防がれる。

2. LEWIS の原法による基礎培地では供試料中に L-チロジンが存在すれば *L. arabinosus* は PABA と共にこのチロジンにも response するので，試料中のチロジンを除去する必要があるが，PABA に影響なくチロジンのみを完全に吸着除去する処理条件を決定した。

3. この改良法により定量した結果，幽門垂中の PABA 量は無水物 1 g 中 1.25 γ であつた。

4. Snell 等のリボフラビン定量法において基礎培地に使用するペプトン及び酵母エキス中のリボフラビンを破壊するのに，紫外線を利用して時間の短縮を図り，又酵母エキス及びグルコーズの量を 2 倍に増強し定量を一層容易且正確ならしめた。

5. 著者のこの改良法により，幽門垂のリボフラビンを定量した結果無水物中約 3.8 mg % であつた。

本研究に要した経費の一部は，昭和 30 年度科学研究費より支出した。使用した乳酸菌は，東大農学部応用微生物研究所の飯塚氏の好意により分譲を受けた。文献の一部は，東大農学部大学院学生貴島静正氏の御尽力による。又，直接御指導を賜つた柏田教授，実験に助力された原田陽一氏，以上の諸氏に深謝の意を表す。

文　　献

（1） 柿本大壱・金沢昭夫： 本誌. **22**, 574 (1956).
（2） E.L. Tatum, M.G. Ritchie, F.V. Cowdry and L.F. Wicks： J. Biol. Chem., **163**, 675 (1946).
（3） J.C. Lewis： J. Biol. Chem., **146**, 441 (1942).
（4） H.R. Skeggs and L.D. Wright： J. Biol. Chem., **156**, 21 (1944).
（5） E.E. Snell and F.M. Strong： Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., **11**, 346 (1939).
（6） H.A. Kornberg, R.S. Langdon and V.H. Cheldelin： Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., **20**, 81 (1948).
（7） E.C. Barton-Wright and R.G. Booth： Biochem. J., **37**, 25 (1943).

ねり製品の足に対する澱粉の補強効果— I. 澱粉の糊化と足の補強

岡田 稔・山崎惇子
(東海区水産研究所)

Enhancing Effect of Starch on Jelly Strength of Fish Meat Jelly— I. Enhancing Effect and Gelatinization of Starch

Minoru OKADA and Atsuko YAMAZAKI

In manufacturing of fish meat jelly (Kamaboko), starch is very often added in fish meat paste in order to enhance the jelly strength of the products. It is widely believed that gelatinization of starch is a requisite for the effect, and that gelatinized starch reinforces the structure of Kamaboko by closely binding meat protein. But there is no direct evidence, so it is attempted to offer an experimental support for the view.

Samples of Kamaboko were prepared by heating fish meat paste contained 10% potato starch at different temperatures. And then, samples were tested for jelly strength by a sensory test and by a gelometer in parallel, as well as for the state of gelatinizaton of starch in jelly under a microscope. When the sample was prepared at 70°C, reinforcing ability of starch for Kamaboko was recognizable organoleptically, and a series of changes in jelly properties occured : increase in breaking strength (Fig. 2), abrupt drop of breaking strain (Fig. 3) and of softness (Fig. 4), and change in expressible water curve (Fig. 5). In Kamaboko prepared at the same temperature (70°C), almost all granules of potato starch were observed to gelatinize (larger granules do a little above 65°C and smaller ones at 75°C), while the gelatinization temperature of potato starch is known as 61.5°C。

The fact that the effect of starch begins to be recognizable with sample prepared at a temperature above which gelatinization of starch was observed, supports the view that gelatinization of starch is necessary to enhance jelly strength of Kamaboko. On the other hand, the finding that starch added in Kamaboko, though gelatinized, existes in the jelly as granules is not agreement with a view that enhancing effect of starch is due to its cementing action.

ねり製品の製造にあたつて足の補強または増量の目的で澱粉を混和することは特殊な場合を除き業者が日常用いている方法であり澱粉を混和することなしに大衆的な製品を作ることは不可能とも言える。澱粉のねり製品の足に対する補強効果についての研究は少く、志水等は澱粉の補強効果と加水量の関係から馬鈴薯澱粉と小麦澱粉の補強効果の比較を行い[1]、さらに原料魚肉の性質によつて補強効果の現れ方がちがうことを明かにしている[2]。著者等[3]はさきに顕微鏡観察からねり製品中では澱粉が明かに糊化していると判断されるにも拘らず澱粉粒のまゝで存在すること，一部はアミロースとして肉中に溶出してきていることを明かにした。従来澱粉の補強効果は澱粉が糊となつて魚肉蛋白をつなぎあわせるためという推論がなされてきておりまた常識化されてきたが著者等の顕微鏡観察とは両立しないようである。澱粉の大部分が澱粉粒のまゝ肉蛋白中に埋没したまゝであるのになぜ補強効果を示すのか？ 今後この顕微鏡観察結果に基ずいて澱粉の補強効果について研究を進めてゆくつもりであるが，本報ではまず澱粉の糊化と足の補強効果との関係を報告する。澱粉の補強効果がその糊化によつていることは以前から推察されてきたが直接的な証明がないからである。

実 験 方 法

1956 年 11 月 2 日受理 東海区水産研究所業績 B 第 256 号

1. 加 熱

外部からの加熱によつてすり身を均等に(同一温度，同一時間)加熱することはすり身が三次元の形をしている以上不可能である。しかし澱粉の糊化はある一定温度以上で起り澱粉の糊化状態に対しては加熱時間の影響よりも加熱温度の影響の方がはるかに大きい[4]ので，すり身の内部でも表面でも同一温度で加熱されるように工夫した。即ち澱粉入すり身を塩酸ゴムの袋につめ直径 3.5 cm，長さ 16 cm の円柱とし一定温度の水浴中に浸漬加熱を行った。一番熱のとおりの遅い中心部の温度の上昇を熱電対を用いて測定した結果を Fig. 1 に示す。大体 25 分加熱すればすり身と外浴の温度はほゞ等しくなる。

この結果から以後の実験では一定温度の水浴中に 40～60 分間浸漬加熱を行うことにした。この実験条件では水浴の温度に ±1°C のふれがありしたがつてすり身のどの部分でも水浴温度 ± 1°C で加熱され，表面で一番長く（浸漬時間の長さだけ)，中心部でもその温度で 15～35 分加熱されたことになる。

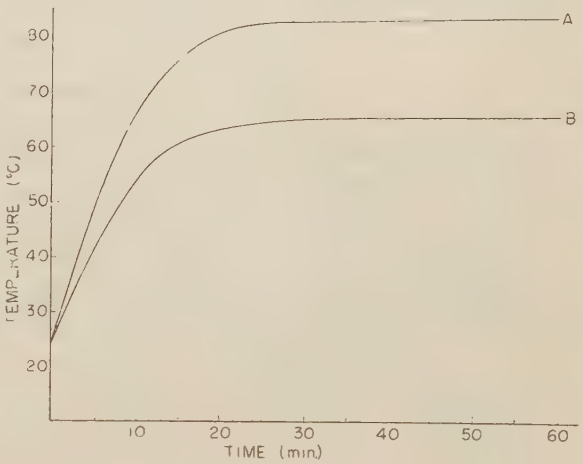


Fig. 1. Temperature of the center of Kamaboko (cylindrical shape) heated at 65°C (A) or at 82°C (B) by immersing in water.
円筒状試料の中心温度の上昇曲線

2. 糊化及び補強効果の判定

補強効果は加熱したすり身を1晩放冷後官能的に判断するとともにゲロメーターで物理的性質を測定した。また加熱肉中の水の状態を見るため圧搾水分曲線を求めた。さらに澱粉の糊化は顕微鏡を用いて観察した。

物理的測定： 三宅式ゲロメーターを用い前に報告した方法[5]により「破れの強さ」「凹みの大さ」及び「軟さ」を求めた。

圧搾水分曲線: 試料から直径2 cm，高さ 0,3 cm の円板(重さ約 1g) を切りとり濾紙の間にはさんで油圧式小型圧搾器で一定の圧力で10秒間圧し圧搾前後の重量の差からその圧力での圧搾水分量を求める。同一試片で圧力を変えて圧搾水分を求め試片重量に対する百分率と圧力とを組合せて圧搾水分曲線を作る。

顕微鏡観察： 試料をゼラチン封蔵した後凍結ミクロトームを用いて約 10 μ の厚さの切片とし普通顕微鏡及び偏光顕微鏡を用いて観察を行った。

実 験 結 果

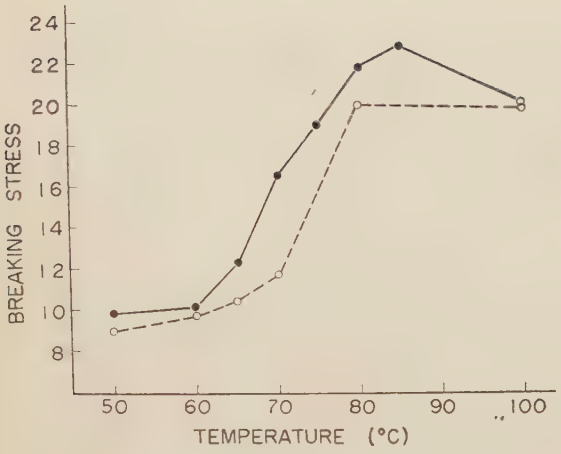
スケトーダラ及びクロカワカジキのすり身（食塩約3％のみであらずりしたもの）に馬鈴薯澱粉を混和して種々温度に加熱を行い澱粉の糊化と補強効果との関係について数回実験を行ったが原料に用いた魚の種類にかゝわらずほゞ同様の結果が得られた。こゝでは馬鈴薯澱粉 10％を混和したスケトーダラすり身についての結果を掲げる。

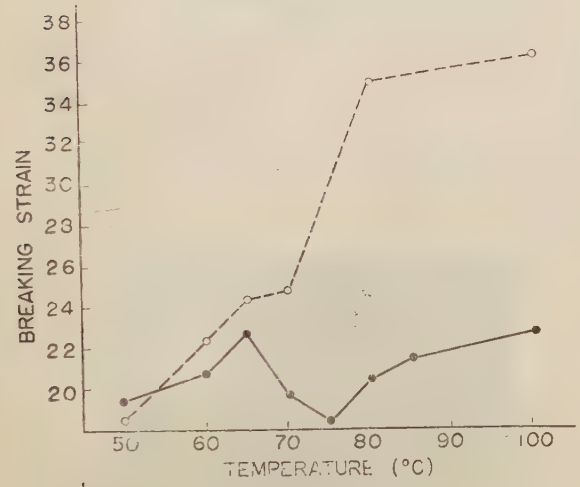
1. 官能検査

加熱温度が 65°C までのものは生澱粉の食味がはつきり認められまたカマボコとしての足も全くない。70°C では一応弾力のあるカマボコとなるが食味はやゝ悪く生澱粉が少々残っているように思われる。75°C 以上になると食味は良好となり足も充分に強い。対照に用いた同一すり身（澱粉を混和しないもの）では 70°C 以下では足がなく 80°C 以上のもので足が強くなっている。

2. 物理的測定

破れの強さ： 破れの強さの上昇は Fig. 2 に示すように 60°C 附近から始まり，65°C と 70°C の間で急激になり 85°C で最高に達し更に温度が高くなり 100°C になると却って低下する。対照の無澱粉でもほゞ平行した上昇曲線を示す。なお 65°C までは澱粉入のすり身とほゞ同じ破れの強さであるのに 70°C で





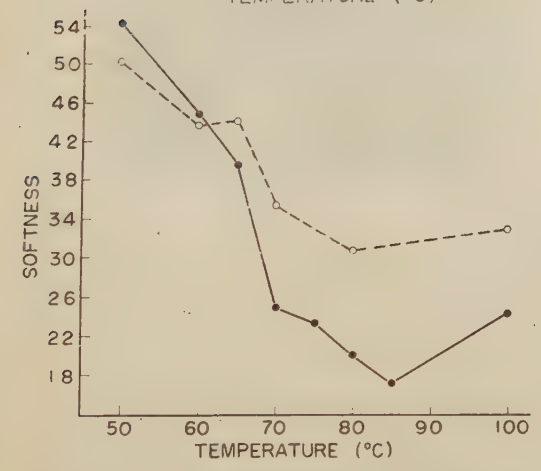


Fig. 2~4. Jelly properties of Kamaboko prepared at different temperatures.
種々温度で調製した試料の物理的性質：破れの強さ (Fig. 2), 凹みの大さ (Fig. 3), 軟さ (Fig. 4)
○ : Sample contained no starch. 無澱粉
● : Sample contained 10% potato starch. 馬鈴薯澱粉 10% 入

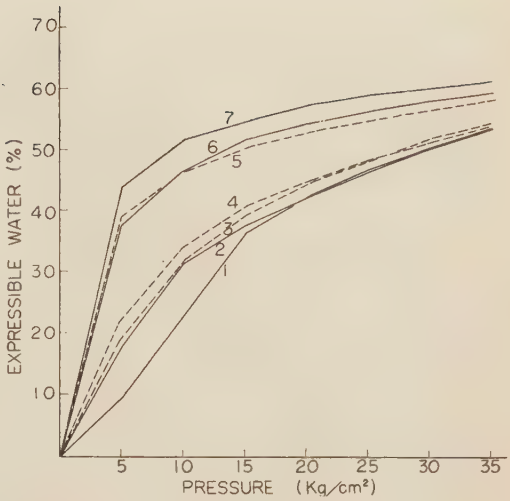


Fig. 5. Expressible water curve of Kamaboko containing starch. Samples were prepared at 100°C(1), 80°C(2), 75°C(3), 70°C(4), 65°C (5), 60°C(6) and 50°C(7).
種々温度で調製した澱粉入試料の圧搾水分曲線

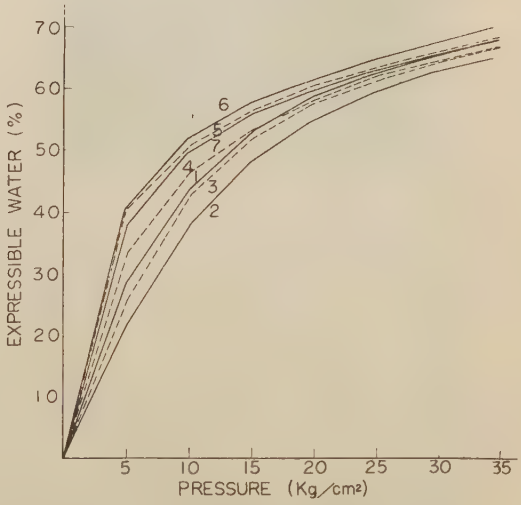


Fig. 6. Expressible water curve of Kamaboko containing no starch. Samples were prepared at 100°C(1), 80°C(2), 70°C(3), 65°C(4), 60°C(5), 55°C(6) and 50°C(7).
種々温度で調製した無澱粉試料の圧搾水分曲線

はかなり低い値であることが注目される。

凹みの大さ： 凹みの大さ（Fig. 3）も 65°C までは澱粉入すり身と対照の無澱粉すり身とでは著しい差はない。70°C と 80°C の間で対照は著しく凹みの大さが増すのに対し澱粉入すり身ではそれほど大きな変化は認められず 65°C と 75°C の間でやゝ小さくなり 80°C 以上で再び徐々に増してくる。

軟さ： 対照，澱粉入ともに軟さ（Fig. 4）は加熱温度が高くなるにつれ減少するが，特に澱粉入すり身では 65°C と 75°C の間で著しく，さらに温度が高くなり 70°C と 85°C の間ではその減少は緩やかになるが 100°C では逆に増加する。

3. 圧搾水分曲線

澱粉混和の有無に拘らず加熱温度が高くなるにつれ圧搾水分曲線は低くなり水が出難くなることが認められる。しかし無澱粉すり身（Fig. 6）にくらべると澱粉入すり身（Fig. 5）では 65°C の場合と 70°C の場合で圧搾水分量（特に低い圧力での）に特に大きな開きがあるのが注目される。

4. 顕微鏡観察

65°C までは澱粉粒に大きな変化がみられず生澱粉同様楕円形で複屈折をはっきり示す。70°C では大部分の澱粉粒は輪郭がくずれ複屈折も認められなくなる。小形の澱粉粒には形も壊れず複屈折も残っているものがある。この変化しない小澱粉粒は 75°C でも認められるが数はずっと少くなる。80°C 以上ではすべての澱粉は形からしても複屈折から判断しても完全に糊化している。また 70°C 以上では肉部に淡度で青紫色にそまるアミロース凝集体が認められる。数回実験を行ったが 65°C 加熱のものでは大形澱粉粒の一部は形がくずれ，複屈折も失いかゝっている場合があった。この際アミロース凝集体が肉中に認められる場合も認められない場合もあった。しかしいずれにせよ大粒子澱粉の一部が糊化していると認められた 65°C 加熱のすり身でも官能検査，物理的測定，圧搾水分の測定結果は 60°C のものと似ており，70°C 加熱のものとは著しくちがっている。

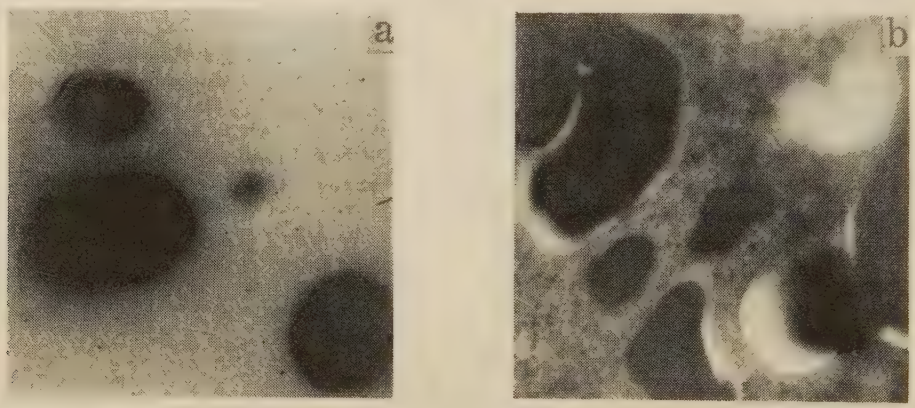


Fig. 7. Starch granules in Kamaboko. (×670) カマボコ中の澱粉粒
a : Sample prepared at 65°C ; starch did not gelatinized. 65°C 加熱．澱粉未糊化
b : Sample prepared at 70°C ; starch gelatinized. 70°C 加熱．澱粉糊化

なお切片調製のさいゼラチン封蔵を行って澱粉粒が脱落するのを防ぐよう試みたが 65°C 以下の未糊化澱粉は 70°C 以上の糊化澱粉にくらべ切片から脱落しやすいことが観察された。

考　　察

澱粉を混和したすり身を温度をかえて加熱すると，加熱温度の上昇に伴い物理的性質，圧搾水分とも変ってゆくがとくに 65°C と 70°C の間で非常に大きな変化が認られ，官能検査とあわせ判断して 70°C 以上でねり製品の足に対する澱粉の補強効果が現れたとみなせる。顕微鏡観察から澱粉が殆んで糊化したと認められるのは 70°C 以上，また食味から判断して生澱粉を感じなくなるのも 70°C 以上である。即ち 70°C 以上ではすり身中の澱粉が糊化し同時に足の補強効果も現れていると判断される。したがって澱粉の糊化することによって足の補強効果が生ずるという従来の推察はこの実験により実証されたといえよう。しかも澱粉

は前に報告したように[3] 澱粉粒として肉の中に埋没したまゝで（ごく一部は肉中に移行するが）補強効果を現すことがこの実験でも確められた。

澱粉を水中で加熱するとごく狭い温度範囲で粒の急激な膨潤，複屈折性の喪失，粘度の急激な上昇，アミロースの溶出等一連の変化が起る。この温度は糊化温度とよばれているもので馬鈴薯澱粉では 61.5°C 附近とされている。本実験からすり身に混和された馬鈴薯澱粉は 65°C よりやゝ高い温度で糊化を始めると判断され，大部分の粒の糊化は 70°C では完了するが 75°C でも完全ではないことが観察された。これは通常知られている糊化温度よりもはるかに高い。内山等[6] も業者が製造して中心温度 70°C 以上に加熱をうけたカマボコから少数ではあるが生澱粉粒（馬鈴薯）を検出している。澱粉の糊化温度は糊化条件によってもがうことが知られている。すり身には 3％近くの食塩が存在しているので電解質の影響も考慮する必要があるが，この程度の濃度の電解質の共存によって糊化温度が 5°C 近くも高くなることは考えられない。通常糊化温度は澱粉の水懸濁液を攪拌しながら加熱測定するが，田村[7] は攪拌することなしに加熱して糊化温度を測定し馬鈴薯では 68°C 附近から糊化が始まることを見ている。すり身中でも澱粉粒は肉中に埋没したまゝ静止状態で加熱されるわけで糊化温度が 65°C 以上であることはこのような特殊条件と関係があるのではなかろうか。すり身中で澱粉の糊化が所謂糊化温度よりも高い温度で行われることは実際の製造の面からも食品衛生の面からも重要な問題なので小麦澱粉等他の種類の澱粉を用いてさらに確めたい。なお澱粉粒の大きさによって糊化し易さがちがい一般に大形粒の方が糊化し易いことが知られているが，この実験でも大粒子澱粉は 65°C 附近で糊化し始め 70°C では完了しているが，小粒子澱粉は 75°C でも完全には糊化しない場合がある。

すり身中の澱粉を糊化させるには上述の通り通常糊化温度として知られている温度よりもはるかに高い温度で加熱する必要がある。殆んど大部分の澱粉粒が 70°C で糊化していると認められるが食感，物理的測定値からこの 70°C より高い温度で加熱した方が足の補強がよく行われていると判断され，スケトーダラすり身の場合には 80°C から 85°C に加熱されたものが製品としては一番優れている。なを内山等[6] はソバの食味から類推して未糊化澱粉粒が若干残留する程度の加熱が足の補強に好適であると述べたが* 本実験の結果からすれば足の補強にはすべての澱粉粒が糊化することが望ましく，単に澱粉粒の有方性の消失で判断される糊化状態よりもさらに進んだ状態まで加熱を行う必要があるように思われる。

澱粉を水と共に加熱してつくった熱い糊の粘度，またこの糊を冷却して出来るゲルの強さは糊化条件で著しく変ることが知られておりその原因は糊化した澱粉粒の状態の相違で説明されている[8]。例えば糊化温度以上に加熱すると粘度が急激に上昇するのは粒が膨潤して容積が著しく大きくなるためであり，高温で長時間加熱すると粘度が低下するのは膨潤した粒が破壊されるためと説明されている。またグリセリン，砂糖が多量に共存すると粘度が上らないのは澱粉粒の膨潤（水和）がグリセリン等で抑えられるためとされている。さらに澱粉ゲルも粒がある程度膨潤して破壊されていない程度に糊化した場合，即ち粒の機械的強度が大きい場合にゲル強度が強く，糊化した澱粉粒を機械的作用で完全に破壊してしまうとゲルとして固らなくなることも知られている。澱粉の糊化程度は 80°～90°C で飛躍的な変化をし 90°C 以上ではアミロースは完全に溶出し粒の機械的強度は非常に弱くなることが知られているが，本実験で 100°C に加熱したすり身が 85°C のものにくらべ破れの強度が大分低く軟さも大きくなっていることは，澱粉のカマボコの足の補強効果の場合にも澱粉糊やゲルの性質の場合と同様糊化した個々の澱粉粒の状態（機械的強度）が大きな影響をもつことを想像させる。

しかし澱粉による足の補強が単に澱粉の糊化とか糊化澱粉粒の機械的強度のみによって説明されるものではなく原料魚肉の性質と関係づけても考えねばならない。志水等[2] は澱粉の補強効果が弱足原料と強足原料とで違っていることをみている。著者も澱粉入すり身を始めから 80°C に加熱した場合には弾力のあるカマボコが得られるのに対し，50°C 又は 60°C で加熱（澱粉未糊化）後 1 晩放置，80°C に再加熱して澱粉を糊化させたが足のない製品となることを屢々経験した。** この際対照の無澱粉すり身でも 50°～80°C に二段加熱したものは足が全く出ないのに対し 80°C に始めから加熱したものは足が強かった。このことからこの場合

* 内山等はグチを原料とした小田原カマボコを取扱っている。なを業者はグチ製品では足が低下するとして過熱を恐れており一般に低温で加熱されがちである。このため小田原のグチ製品には未糊化澱粉が発見され易くこのような推論が生れたのであろう。

** 二段加熱しても弾力の強い足のあるカマボコが得られることもある。

一度低温で加熱したことにより肉蛋白の足形成能が失われたと考えられる。このように同じ原料でも足の形成能が喪失した場合には混和された澱粉が再加熱で糊化しても補強効果が現れないことからすれば，肉蛋白によつて足が形成される際に澱粉が糊化することが大切であると考えられ，この際澱粉の補強効果に与える肉蛋白と澱粉との反応が起るとも想像されるが，あくまで想像の域を脱しない。

すり身の加熱温度が 70°C 以上になると澱粉の糊化に伴い足の補強効果も現れてくるが今後澱粉の補強効果を実験するに当りどのような性質をみたらよいかを知るため補強効果に伴う物性の変化を検討してみる。所謂ゼリー強度が高くなれば足が強くなつたと一般に考えられている。澱粉の糊化がほゞ完了したと判断される 70°C に加熱したすり身をみると対照の無澱粉のものに較べ澱粉を混和したものはずつと高い破れの強さをもつている。このことからすればゼリー強度の増加は確かに補強効果の一つの表し方と思われる。しかし 80°C以上に加熱したすり身では対照との差があまり大きくないことや，赤身の魚のすり身を加熱するとカマボコにならず所謂ツミレ様のものしか出来ずこの場合は足は全く弱いが固いため破れの強さは高く出てくるなどの事実からすると単にゼリー強度(破れの強さ)だけでは補強効果を表すことは危険である。とくに官能的に判断して加熱肉の状態がカマボコ型とツミレ型とに分けられる場合ではゼリー強度だけで比較出来ない

この点では凹みの大さ，軟さはこの実験で見られたように澱粉の糊化に伴つて対照無澱粉と非常に違つた値を示しいずれも小さくなり，ツミレ型のすり身でもゼリー強度に較べ澱粉糊化の影響を表しやすい。

澱粉が糊化する際に澱粉粒が多量の水をとり入れる必要があるのですり身内部の水の状態に急激な変化が起ると思われるが，圧搾水分曲線で 65°C と 70°C との間で大きな開きが見られたことから判るようにこの圧搾水分曲線はすり身の中の水の状態を割合に簡単にみることが出来るものと考えられる。原料肉の性質によりゲロメーターではつきりと澱粉の影響を出すことが出来ない場合でも圧搾水分曲線ではつねに澱粉の影響がはつきり現れ官能検査の結果とよく符号することが経験された。

以上のことから今後澱粉の足の補強効果を実験してゆくにはまず官能的に検査することが何よりも大切であり，三宅式ゲロメーターを用いる場合にはカマボコ型の試料では単に破れの強さだけでも澱粉の影響を表しうることもあるが凹みの大さ，軟さをも併せて測定することが望ましく，圧搾水分曲線を求めることによつてさらに澱粉の影響を客観的に表すことが出来よう。

要　　約

カマボコ用のすり身に馬鈴薯澱粉を混和し，澱粉の糊化と足の補強効果の関係をみた。

70°C 以上に加熱したすり身では破れの強さの増加，凹みの大さ・軟さの急激な減少がみられ，また圧搾水分曲線からみてすり身中の水が圧搾され難くなる等一連の変化が起り，官能的検査からしても澱粉の補強効果が現れたと判断される。

馬鈴薯澱粉の糊化温度は通常 61.5°C とされているが，複屈折性の喪失，粒形の変化及び食味から判断するとすり身中では 65°C でも糊化せず 70°C でほゞ糊化が完了する。しかし小粒子澱粉の一部は 75°C でも糊化しないこともある。

以上のことから澱粉が糊化することにより足の補強効果が現れることが確められた。しかし澱粉は糊化しても澱粉粒のまゝで肉中に埋没しており，糊化した澱粉が粒構造を失つて肉中に分散し肉蛋白をはりあわせるために足の補強効果を現すという従来の推論とは両立しない。

終りに本実験にあたつて御指導を賜つた右田正男先生に深謝の意を表する。

文　　献

1) 志水　寛・清水　亘：本誌，**20**，895 (1955)
2) 志水　寛・池内常郎・清水　亘：本誌，**20**，898 (1955)
3) 岡田　稔・右田正男：本誌，**22**，265 (1956)
4) 河村百合雄・高橋礼治：澱粉工業学会誌，**1**，(2)，36 (1953)
5) 岡田　稔・山崎惇子：東海区水研報告 **13**，85 (1956)
6) 内山　均・天野慶之：本誌，**20**，830 (1955)
7) 田村太郎：昭和 31 年 4 月日本農芸化学会大会講演
8) J. Hofstee & A.H. De. Willigen：G.W. Scott Blair；"Foodstuff" 1～34 (1953) North-Holand Pub. Co. Amsterdam.

魚油の変敗に関するポーラログラフ的研究—I.

菊池武昭・岡田郁之助
(東京水産大学)

Polarographic Studies on the Rancid Fish-oil—I.

Takeaki KIKUCHI and Ikunosuke OKADA

The authors applied the polarography to the studies on the autoxidation of fish-oil, and found a well defined polarographic wave which was caused by the oxidation product of fish-oil.

The investigation of the reduction wave is available for the study of oil autoxidation, and it is expected to get a clue to determination of the rancidity of oil. The half-wave potential of this wave was −1.9 v. vs. S. C. E. in 0.1 M LiOH.

緒　　言

著者等の研究室においては以前より水産動植物の成分を定量し又それ等の消長を追求する手段としてポーラログラフ法を応用して来たが，油脂の分野，特に油脂の変敗過程を研究する方法としてもポーラログラフ法が使用し得ると考え，その可能性について吟味しまた予備実験を試みたので報告する。

一般に油脂及び脂肪酸は他の有機物と同様に酸化を伴つて変質する。油脂の変敗は通常2つの段階に大別して考えられる。即ち誘導期と呼ばれる第1段階で油脂が酸素を吸収して過酸化物を形成する初期段階と，形成された過酸化物が開裂して，カルボニル化合物，有機酸を生ずる第2段階とである。このような過程を経て油脂は変質しその利用価値を落して行くので，その変質の程度を知り，分解生成物を追求し，さらに油脂の変質防止法を考える事は，油脂利用上重要な事である。此処では油脂の変敗の程度を知り，変敗の生成物を追求する点に注目する。

油脂の変敗を追求する手段としては，比重，粘度，屈折率等の物理的性質により行う事もあるが，主に油脂の変敗に伴つて生ずる分解生成物またその中間生成物を化学的に追求する方法である。即ち過酸化物価，カルボニル量，酸化酸量，遊離脂肪酸量等を測定する方法が使用せられ，実際的な簡易方法としては，クライス試験，シッフ反応，その他のアルデヒド定性反応が主として用いられている。最近はクロマトグラフ法分光分析法，が応用され，油脂変敗の測定法，油脂変敗生成物の追求に貢献している。

ポーラログラフ法を油脂の分野に応用したものの中には，油脂の変敗を取扱つた例[1,2,3,4]もあるが，すべて油脂変敗の初期段階に生ずる過酸化物についての応用であり，過酸化物の開裂によつて生ずるカルボニル化合物，有機酸についての応用例がない。

また油脂の変敗生成物の中，揮発性物質は変質した油脂臭に関係し，これはカルボニル化合物，脂肪酸を含む事が多い。此等臭気は理化学的方法では実測出来ず，また化学的追求も余り行われていないので，今後臭気成分を追求する場合の一助にもなればと思い，油脂の変敗生成物中カルボニルに重点を置き，ポーラログラフ法と他の化学的方法と併用して実験を始めた。

ポーラログラフ法を或る物質の定性定量に応用する場合，その物質がポーラログラフ波を示す型を有し，実際に明瞭な酸化・還元電位を示すポーラログラフ波を示す事が必要である。油脂の変敗生成物は主として過酸化物，カルボニル化合物，有機酸と考えられるが，此等はポーラログラフ波を示す基または構造を有し，また実際に多くの研究者によつて，それ等の一部ではあるが純粋物質についてのポーラログラフ的性質[5]が明らかにされつゝあるので，此等が油脂中に共存する場合にも適用し得ると考える。

次に試料の濃度がポーラログラフ的に有効なものの得られる事が必要である。一般にポーラログラフ法においては，有機化合物の場合，支持電解質溶液で稀釈した最終濃度が 10^{-3}～10^{-5} M 程度が適当で，大体

1956 年 11 月 1 日受理

10^{-6} M が定量の限界である。これ以下の濃度の試料は濃縮，クロマトグラフィーによる吸着分離，その他の方法で処理せねばならないが，上記の如き油脂変敗生成物は変質に伴って順次増加するものであり，比較的多く得られるのでポーラログラフ法で充分追求し得る。但し 10^{-6} M 以下の生成量はポーラログラフ法の限界以下であるから，測定の対象とする事は難かしい。

またポーラログラフ法が他の化学的方法にない特長及び欠点を吟味する必要がある。普通，過酸化物，カルボニル化合物，有機酸の化学的定量法の多くは間接的であり，また操作の繁雑な場合が多い。ポーラログラフ法は操作さえ馴れれば簡便で迅速に定性，定量し得る点，及びカルボニル化合物中アルデヒドについては直接定性，定量し得る点が勝れている。しかし欠点として精度の点で2%，時にそれ以上の誤差を生ずる事があるが，これは定量条件を一定にする等の注意によつて或る程度防止し得る。精度の高い紫外線，赤外線分析の場合も同様であるが，比較的高級な類似物質間相互の定性，定量はポーラログラフ法が定性，定量に応用する場合基本となる酸化還元電位が互に近接するため分離定量は困難である。

以上の如く充分といえぬ部分もあるが，ポーラログラフ法を応用して，油脂の変敗を追求する可能性があり，特に変敗中に生成すると考えられるカルボニル化合物が直接定量し得る可能性が強く，油脂の変敗の程度を知り，また変敗生成物，及びその生成機構等を追求するに有効な方法であると考える。

魚油の変敗をポーラログラフ的に追求する場合，油脂試料の酸化前後のポーロラグロフを求め，その間に有効な差異の生ずる事が必要である。酸化油脂に酸化前の油脂に見られないポーラログラフ波が観察されればそのポーラログラフ波によつて油脂の変敗追求が可能となる。

著者等は先づ同内で多量に産し，多方面に利用される鯨油を試料とし，この酸化前後に有効なポーラログラムの差を求めることを目的として実験を試みた。

予　備　実　験

ポーラログラフ法においては支持電解質がポーラログラフ波を左右する大きな因子であるので，酸性，中性，アルカリ性と広い範囲の pH 域に支持電解質を求め，塩酸，硫酸，塩化カリ，塩化アンモン，苛性ソーダ，水酸化リチウム，各種の緩衝溶液を選んだ。一般のポーラログラフ法では追求し得る電位が －2.0 V 迄であるが，支持電解質に，テトラメチルアンモニウム塩を使用すれば更に陰電位迄追求し得るので，これについても併せ試みた。試料を溶解するに有機溶媒を用うるのが常法であるので，メタノール，ベンゼンその他の有機溶媒についても実験を行つたが，不純物とくに過酸化物，カルボニル化合物と考えられる物質が盲検に環元波を生じ，実験を継続的に行う場合毎日精製する必要等繁雑な操作を必要とするので，有機溶媒は使用せず，専ら水溶液を使用した。従つて此処に述べる物質は油脂変敗生成物中ポーラログラフ法に有効な範囲の濃度を得る水溶性物質に限定せられる。

実験に使用したポーラログラフは柳本製，感度 1.04×10^{-9} amp/mm/m のカルバノメーターを有する写真記録式のもので，表示電位は半還元波法により測定し，基準電極には飽和甘汞電極を用いた。

試料の鯨油は充分精製し，過酸化物価，シツフ反応，クライス反応，その他の化学的方法で酸化が行われていない事を確めた。また酸化鯨油試料は 50°C に加温しつつ7日間通気し，明らかに変敗臭を生じ，化学的試験においても酸化が認められるものを使用した。

鯨油 1 g をとり，これに 0.1 M LiOH 50 *ml* を加えて激しく5分間攪拌する。後下層の LiOH 溶液部を濾別しポーラログラフ用電解液とした。Fig. 1 は鯨油の酸化前後におけるポーラログラムの比較を示す。図の如く未酸化の鯨油の場合 −0.4 V，−1.2 V に還元波を示し，酸化鯨油の場合は上記2者の他に −1.9 V の還元波を示した。この未酸化鯨油に見られぬ −1.9 V の還元波は鯨油の酸化によつて生じた酸化生成物による事が推定せられ，此の還元波がどんな物質によるか，油脂の変質に従つてどのように消長するかを研究する事により油脂の変敗追求に役立ち得ると考える。

この実験で得られた −0.4 V，−1.2 V の還元波は本実験内では鯨油の酸化に関係があるかないか不明ではあるが，一応鯨油中に僅かに生じた過酸化物，またはその類似物質とも考えられる。しかし LiOH 溶液の如く，溶存酸素の駆出し難い溶液を支持電解質溶液としたのであるから，溶存酸素が影響している事も考えられ吟味をする必要がある。

−1.9 V に生ずる還元波も現在どんな物質によるか不明ではあるが，油脂の分解生成物と考えられる。過

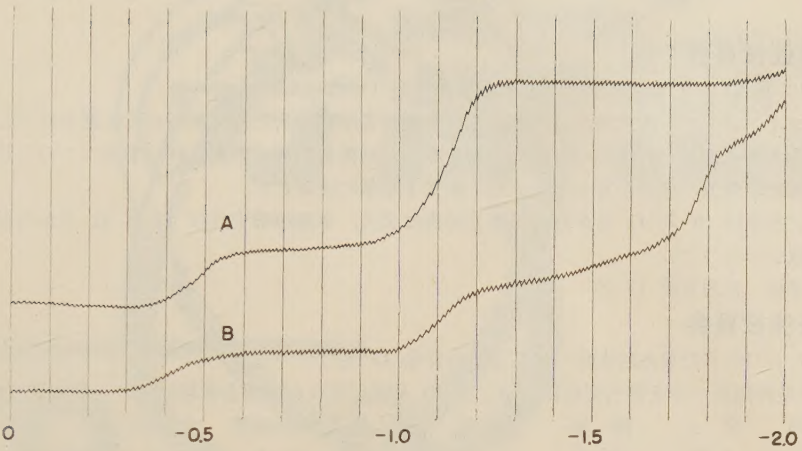


Fig. 1. Polarograms of fresh and oxidized whale oils. A, fresh whale oil ; B, oxidized whale oil. The supporting electrolyte was 0.1 N LiOH.

酸化物，カルボニル化合物，脂肪酸の中1つ或は幾つかが関係していると想像し得る。他の研究者の報告を参照すると，一般は脂肪属アルデヒド[6-9]が −1.5 V より陰電位に生じ，炭素数の増加と共に陰電位に還元波を示す事から，脂肪属アルデヒドに類似する事は判るが，使用した支持電解質が異つているので，確と比較するのは難しい。今後此等純粋のアルデヒルド，その他これに類似の物質のポーラログラフ的性質を詳細に知る必要がある。

とくに −1.9 V の還元波は所謂“明瞭な波”であり，一般に自然物中の成分物質が示す“緩やかで不明瞭な波”となる事が少ないと観察され，ポーラログラフ的追求が容易に行い得るように思われた。この還元波がアルデヒドであるとすれば，定量法としても直接測定し得，またこれが油脂の変敗を追求する手段にも応用し得ると考える。今後これらのポーラログラフ的追求を他の化学的方法と併せて実験し順次報告したいと考えている。

摘　　要

（1） 油脂の変敗追求にポーラログラフ法を応用し，その可能性について吟味した。

（2） 予備実験として鯨油酸化前後のポーラログラムを 0.1 M LiOH 支持電解質中で比較し −1.9 V vs S.C.E. に鯨油酸化生成物によると考えられる還元波を認め，これによって油脂の変敗を追求し得る可能性を認めた。

終りに本研究を行うに当り御懇篤なる御指導を賜つた京都大学教授舘勇博士に深甚の謝意を表する。本研究の一部は文部省科学研究費によった。附記して謝意を表する。

文　　献

1) W.R. Lewis and F.W. Quackenbush: *J. Am. Oil Chem., Soc.* **26**, 53 (1949).
2) C.O. Willits, C. Ricciute, C.L. Ogg, S.G. Morris, and R.W. Riemenschnider: *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **30** October, 420 (1953).
3) W.R. Lewis, F.W. Quackenbush, and De Vries: *Anal. Chem.*, **21**. 762 (1949).
4) 野上・松田・長沢：薬学雑誌, **71**, 8 (1951).
5) 例えば I.M. Kolthoff and J.J. Lingane: “Polarography”, Vol Ⅱ, (1952).
6) H. Adkins and F.W. Cox: *J. Am. Chem. Soc.*, **60**, 1151 (1938).
7) A.W. Winkel and C. Proske: *Ber.*, **69**, 693 (1936).
8) 志方・舘：京都大学大報 **4**, 9 (1927).
9) R. Bieber and G. Trumpler: *Helv. Chem. Acta*, **30**, 2000 (1947); **31**, 5 (1948).

雑　　録

○関東在住役員会

31 年 12 月 21 日於東海区水研　出席者　会長他 14 名

1. トルコイスタンブール大学からの水産生物学教育者招聘に対し各支部からの推薦を求めたところ北海道支部から山本喜一郎，川村輝良の両氏，関東支部から阿部宗明氏が推薦され，学会はこの 3 氏について先方の希望を求め，先方の決めた方を学会として推薦する事に決定した。

2. 九州支部長は 31 年 11 月から内田恵太郎氏に交代，中国四国支長は 31 年 11 月から田中耕之助に交代した旨報告があつた。

3. 入会承認　普通会員 13 名

○関東在住役員会

32 年 1 月 16 日於東海区水研　出席者　会長他 17 名

1. 32 年度評議員の各支部別定員数は 31 年 10 月末日現在の普通会員数により上記の通りに決定した。

北海道	東北	関東	中部	近畿	中国四国	九州	
6 名	3 名	12 名	5 名	4 名	5 名	5 名	計 40 名

2. 北海道支部から 32 年度秋期大会は北大水産学部，（函館）で開催したい旨申し入れがあり，これは勿論 32 年度評議員会で決定すべき事であるが，本部としては一応賛成依頼致したい旨返答する事に決定。

3. 評議員定員（40 名）を 60 名程度に増加する原案を研究する事に決定，研究委員は川田関東支部長猪野，金田，近藤理事の 4 氏にお願いした。

4. 入会承認　普通会員 7 名

○訂　　正

			誤	正
第 22 巻 8 号	表紙目次	2 行目	飲高勇之助	飯高勇之助
〃 〃	〃	5 行目	堀田　吉重	堀口　吉重
〃 〃	〃	13 及び 15 行目	露木　秀雄	露木　英男
〃 6 号	表紙目次	15 行目	チオバービイトリック酸化	チオバービイトリック酸価
〃	368 頁	表題	onthe	on the
〃	〃	下から 14 行目	-comprex-	-complex-
〃	370 頁	2 行目	pantho thenate	panthothenate
〃	371 頁	14 行目	enzme	enzyme
〃	〃	15 行目	investgated	investigated
〃	〃	下から 9 行目	SEDWELL	SIDWELL
〃	372 頁	21 行目	absorp tion	absorption

昭和三十二年一月二十日　印刷
昭和三十二年一月二十五日　発行
第二十二巻　第九号
本号定価 120 円（送料別）

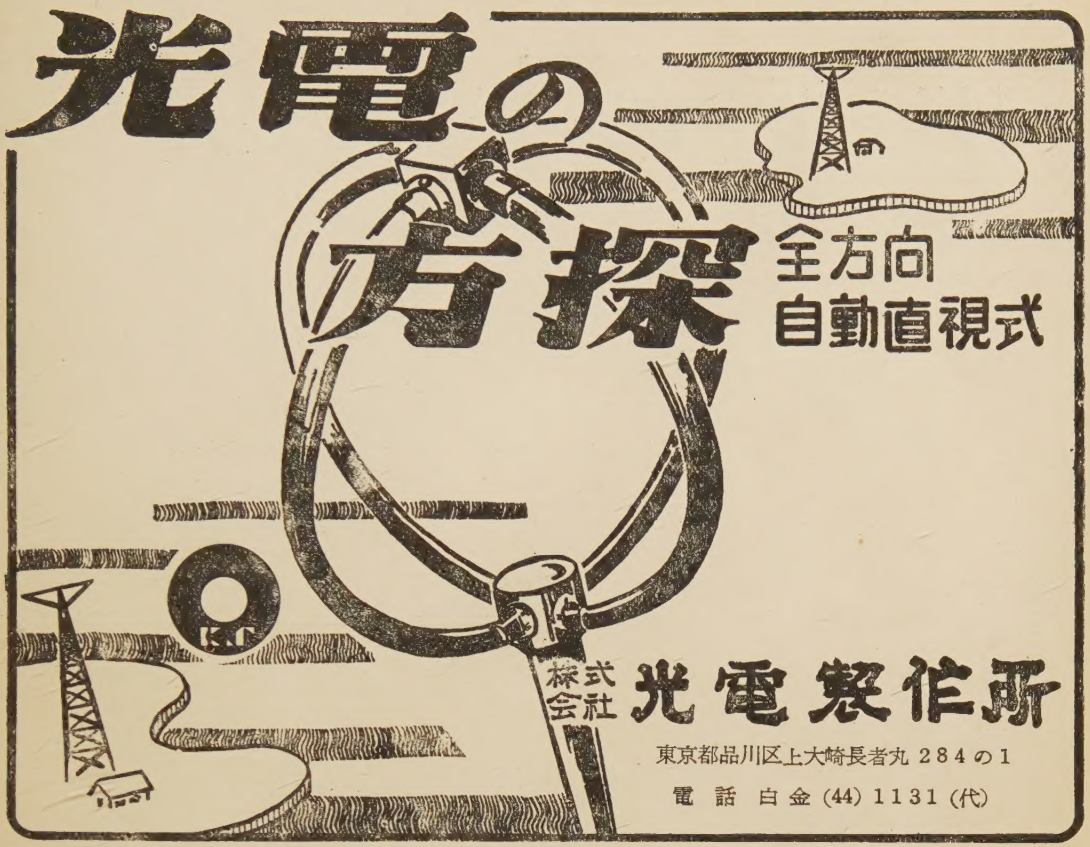
編集兼発行者　松江吉行
東京都中央区月島三号地東海区水産研究所内

発行所　日本水産学会
東京都中央区月島三号地東海区水産研究所内
振替口座　東京　59529番

印刷者　篠原收二
印刷所　東海出版印刷株式会社
発売所　東海出版印刷株式会社
東京都中野区江古田 3 の 1223
電話中野 (38) 4101・9108

光電の魚探

全方向
自動直視式



株式会社 光電製作所

東京都品川区上大崎長者丸 284の1

電話 白金 (44) 1131 (代)

702型魚探機

専用魚探機

702 A/B 型……底曳トロール
蟹

702 C 型……鮭 鱒

海上電機株式會社

本社 東京都千代田区神田錦町 1—19
営業所 小樽・根室・八戸・塩釜・新潟
清水・神戸・宇和島・境・下関
福岡・長崎・鹿児島

竹村嘉夫著

研究者のための

寫眞技法

B5判 50頁
価 ¥100 〒16

売捌所 丸善株式会社

科学文献普及会の事業内容

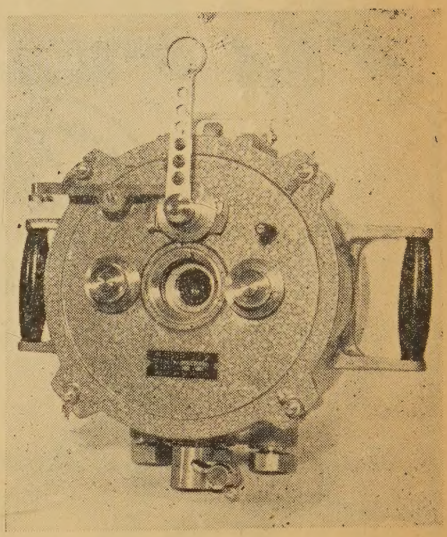
文献複写(年代雑誌の種類不問入手可能)
英文タイプ印刷, 抄録雑誌の発行
その他案内書御覧下さい (〒8)

科学文献普及会

東京中央局私書函310号 振替東京65385

昭和二十四年四月二十日　第三種郵便物認可　（毎月一回二十五日発行）
通巻（第二十二巻第八号）

科研·水中カメラ



この水中カメラは直径22 cm，高さ 16 cm の円筒形の耐蝕性軽金属の水密ケース内に 35 mm 判カメラおよびその附属部品が納めてあり，外部より絞り，距離の調整，フイルムの捲取りならびにシャッター押ボタンの操作が出来るようになつている。

なお必要に応じ光源としてフラッシュガンを備えシャッターと同調して発光させることができる。

またこの水中カメラは懸吊用附属装置を取付けて船上より遠隔制御により撮影することも出来る。重量は空気中で約 7 kg で，水中では潜水者が容易に使用できる程度の重さ約 0.9 kg になる。

価格　¥ 155,000.00

株式会社 科学研究所

東京都文京区駒込上富士前町 3 1

電話 大塚 (94) 1131 ～ 1139
6211（製品課直通）

T.S.K　**鶴見精機製海洋調査観測用機器と航海計器**

（捲上機）（測深儀）航海用及調査用
（手　動）250M ——550M 三種
（携帯用）（河川，湖沼，石油井用）
200M。T. S. 0. 0. 型 1/2 馬力
T.S. バッシサーモグラフ用電動捲上機 1.5 馬力
（電　動）T.S, 0型　550M　2馬力
T.S. I型　1500M　2馬力
T.S. II型　3000M　3馬力
T.S. III型　3000M-5000M 5馬力及 10 馬力
T.S. ヘビータイプ海洋調査用電動捲上機 15及 30 馬力
（自記験汐器）（水位計）水圧式，フユース式，スチブンソン式
（採水器）ナンセン式，エクマン式，北原 B 号，ゴム二重筒表面採水器，T.S. トーメイ顛倒採水器（プラスチック製南日，岩宮式）T.S. 精密採水器（水平型）
（T.S. 水深·水温記録計）（T.S. バッシサーモグラフ）100M. 200M. 300M.
（顛倒寒暖計）防圧，被圧，検定付
（油井用遠装採水器）（蔵田氏噴井用点灯回転計）

（水色計）T.S. 水色計（南日式）
（傾角度盤）深度更正表付
（採泥器）2Mピストンコーアサンプラー，スナッパー式，岩宮式筒型
（プランクトン採集器）表層，中層用
ン用
元田，井上式垂直各
中井，岩宮式曳航
コーダー付）
水計（発停
（深度計）岩宮2号
（流速計）エク
T.
（波高
（測

☆

株式会社 **鶴見精機工**

本社及工場　横浜市鶴見区鶴
電話 鶴見 (5) 2 0

芝 (43) 6635 番
(株) 岸計器製作所内
8 番
業産業(株)下関営業所内
4 5 番
番 地（械式会社本郷商店内）
4 番　2447 番

PERIODICAL
Japanese Society of Scientific Fisheries.
Bulletin.
V.22,No.9
1957

LIBRARY
BUR. OF COMM. FISH.
HON. BIOL. LAB.